INVESTIGACIÓN ____ PROFUNDIZACIÓN _x___

MODELO DE COMPUTACIÓN EN LA NUBE PARA TELEMONITOREO DE SIGNOS VITALES EN TIEMPO REAL

Autor:
John Jairo Daza Rojas
20191495009

Director
Lilia Edith Aparicio

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones
Ingeniería de Software II
Bogotá, Colombia
abril de 2023

Contenido

Introducción 6
1 CAPITULO CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 7
1.1 Problema de Investigación 7
1.1.1 Planteamiento del problema 7
1.1.2 Formulación del problema 10
1.1.3 Sistematización del problema 10
1.2 Objetivos 11
1.2.1 Objetivo General 11
1.2.2 Objetivos Específicos 11
1.3 Justificación 12
1.4 Hipótesis 14
1.5 Metodología de la investigación 15
1.5.1 Tipo de estudio 15
1.5.2 Método de investigación 15
2 CAPITULO MARCO DE REFERENCIA 16
2.1 Estado del arte 16
2.2 Marco teórico 35
2.2.1 Reseña computación en la nube 35
2.3 Definición computación en la nube 37
2.4 Fundamentos tecnologías asociadas en la nube 38
2.5 Sistemas GRID 39
2.6 Virtualización 40
3 CAPITULO DISEÑO DE LA SOLUCIÓN 42
3.1 Arquitecturas de referencia multicloud 42

3.2 Arquitectura de solución en AWS 44
4 CAPITULO DISEÑO DEL PROTOTIPO 53
4.1 Caracterización y funcionalidades 53
4.2 Premisas de diseño no funcionales 54
4.3 Interfaces de usuario 55
4.4 Requerimientos de persistencia 55
4.5 Requerimientos funcionales 56
4.6 Diagrama general de actores 57
4.7 Casos de uso 58
4.8 Diagrama de casos de uso por módulos 59
4.9 Planificación de los sprint 61
4.9.1 Creación de cuenta (Sprint 1) 61
4.9.2 Notificación asignación nuevo paciente a doctor: 65
4.9.3 Módulo control pacientes (sprint 2) 65
4.9.4 Módulo de telemonitoreo (sprint 3): 67
4.9.5 Módulo de recomendaciones automáticas (sprint 4) 69
4.9.6 Notificación automática de telemonitoreo vía SMS 70
4.10 Requerimientos no funcionales 71
5 CAPITULO ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 72
5.1 Resultados revisión sistémica de la literatura 72
5.1.1 Ingesta de datos 72
5.1.2 Procesamiento de la información 73
5.1.3 Visualización de la información 73
5.1.4 Infraestructura 74
5.1.5 Signo Vital monitoreado 75
5.2 Validación del modelo propuesto 76

5.2.1 Algoritmo de simulación de dispositivos 76
5.2.2 Código fuente algoritmo de simulación 77
5.2.3 Revisión de los resultados del modelo 78
5.2.4 Validación modulo controles pacientes 78
5.2.5 Validación modulo recomendaciones automáticas 81
5.3 Validaciones técnicas y de calidad del prototipo 84
5.3.1 Latencia de recuperación de datos 84
5.3.2 Latencia en creación de registros 85
5.3.3 Duración en la ejecución de funciones lambda 85
5.3.4 porcentaje de error en la ejecución de funciones 86
6 CAPITULO CONCLUSIONES 87
7 Bibliografía 90

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 Concepto computación en la nube (Fuente [1]) _____ 36
Ilustración 2 Esquema de una arquitectura Grid (Fuente [1]) _____ 40
Ilustración 3 Arquitectura de referencia de alto nivel de la solución en AWS (Fuente: elaboración propia) _____ 43
Ilustración 4 Arquitectura de referencia de alto nivel de la solución en Azure (Fuente: elaboración propia) _____ 43
Ilustración 5 Arquitectura de referencia de alto nivel de la solución en Google Cloud (Fuente: elaboración propia) _____ 43
Ilustración 6 Arquitectura de solución propuesta en AWS (Fuente: elaboración propia)_____ 44
Ilustración 7 Integración servicios S3 con Amplify (Fuente: elaboración propia) _____ 45
Ilustración 8 Integración servicio AWS IoT Core basado en estilo arquitectónico Publicador suscriptor (Fuente: elaboración propia) _____ 46
Ilustración 9 Integración servicio AWS IoT Events para ingesta de datos y envió de notificaciones (Fuente: elaboración propia) _____ 47
Ilustración 10 Integración servicios Lambda para telemonitoreo Manual (Fuente: elaboración propia) _____ 48
Ilustración 11 Integración servicios Lambda para telemonitoreo Automático (Fuente: elaboración propia) _____ 49
Ilustración 12 Integración Proxy Inverso para comunicación entre capas del sistema (Fuente: elaboración propia) _____ 50
Ilustración 13 Integración servicio Cognito para administración de accesos del sistema (Fuente: elaboración propia) _____ 50
Ilustración 14 Integración servicios SNS y CloudWatch (Fuente: elaboración propia) _____ 51
Ilustración 15 Integración servicios Route53 para publicación y CloudFront para redireccionamiento de tráfico (Fuente: elaboración propia) _____ 52
Ilustración 16 Integración servicios AWS IoT Analytics y Amazon QuickSight para BI BA (Fuente: elaboración propia) _____ 52
Ilustración 17 Arquitectura simplificada de alto nivel (Fuente: elaboración propia) _____ 54
Ilustración 18 Diagrama general de actores del sistema (Fuente: elaboración propia) _____ 57
Ilustración 19 Diagrama de caso de uso de Acceso al sistema (Fuente: elaboración propia) _____ 59
Ilustración 20 Diagrama de caso de uso módulo de creación de cuenta (Fuente: elaboración propia) _____ 59
Ilustración 21 Diagrama de caso de uso módulo de control pacientes (Fuente: elaboración propia) _____ 60
Ilustración 22 Diagrama de caso de uso modulo telemonitoreo (Fuente: elaboración propia)___ 60
Ilustración 23 Diagrama de caso de uso recomendaciones automáticas (Fuente: elaboración propia) _____ 61
Ilustración 24 funcionalidad creación de cuenta (Fuente: elaboración propia) _____ 61
Ilustración 25 funcionalidad validación código de seguridad (Fuente: elaboración propia) _____ 62
Ilustración 26 Notificación código de seguridad vía Email (Fuente: elaboración propia) _____ 62

Ilustración 27 Formulario de registro de usuarios con para el Rol Doctor (Fuente: elaboración propia) 63
Ilustración 28 Formulario de registro de usuarios para el Rol paciente (Fuente: elaboración propia) 64
Ilustración 29 Sección de formulario para registro de datos médicos para rol paciente (Fuente: elaboración propia) 64
Ilustración 30 Notificación de asignación de paciente vía SMS al Doctor (Fuente: elaboración propia) 65
Ilustración 31 Funcionalidad modulo controles pacientes solo disponible al Doctor (Fuente: elaboración propia) 66
Ilustración 32 Visualización datos del paciente y asignación dispositivos (Fuente: elaboración propia) 67
Ilustración 33 Visualización de la ubicación geográfica del paciente (Fuente: elaboración propia) 68
Ilustración 34 Visualización de constantes vitales en tiempo real (Fuente: elaboración propia) 68
Ilustración 35 Modulo de recomendaciones automáticas sección de filtrado (Fuente: elaboración propia) 69
Ilustración 36 Módulo de recomendaciones automáticas sección Informe (Fuente: elaboración propia) 69
Ilustración 37 Notificación automática de telemonitoreo vía SMS (Fuente: elaboración propia) 70
Ilustración 38 Diagrama de actividades algoritmo de simulación de dispositivos (Fuente: elaboración propia) 76
Ilustración 39 Fragmento código fuente algoritmo de simulación de dispositivos (Fuente: elaboración propia) 77
Ilustración 40 Validación Tablero de control para la primer Ejecución del algoritmo estado salud Normal (Fuente: elaboración propia) 79
Ilustración 41 Validación Tablero de control para la primer Ejecución del algoritmo estado salud Moderado (Fuente: elaboración propia) 79
Ilustración 42 Validación Tablero de control para la primer Ejecución del algoritmo estado salud Critico (Fuente: elaboración propia) 80
Ilustración 43 Validación módulo de recomendaciones automáticas para la primera ejecución (Fuente: elaboración propia) 81
Ilustración 44 Validación módulo de recomendaciones automáticas para la segunda ejecución (Fuente: elaboración propia) 82
Ilustración 45 Validación módulo de recomendaciones automáticas para la tercera ejecución (Fuente: elaboración propia) 83
Ilustración 46 volumetría procesada para las 3 Ejecuciones por paciente (Fuente: elaboración propia) 84
Ilustración 47 Latencia en la recuperación de registros que realiza la aplicación (Fuente: elaboración propia) 84
Ilustración 48 Latencia en la persistencia de registros registrados por la aplicación (Fuente: elaboración propia) 85
Ilustración 49 tiempo de ejecución funciones Lambda (Fuente: elaboración propia) 85
Ilustración 50 porcentaje de error funciones lambda (Fuente: elaboración propia) 86

Introducción

Las empresas del sector de la salud (con especial foco en la industria en telesalud), están adoptando soluciones en nube como parte de su proceso de transformación tecnológica e implementando software que permite a los proveedores de atención primaria la monitorización de pacientes a distancia y en tiempo real, cuando hablamos de software de telemedicina se refiere a soluciones que permiten trabajar online en la gestión y el almacenamiento de información. en estos casos es fundamental trabajar con infraestructuras que se adapten por completo a la actividad sanitaria, la posibilidad de personalizar las herramientas digitales que ofrece la computación en la nube y que apalanca la eficacia de la telemedicina, permitiendo reducir errores y tiempos de decisión [1]. El presente informe contiene los resultados de la tesis titulada “Modelo de computación en la nube para el telemonitoreo de signos vitales en tiempo real “ el contenido libro inicialmente aborda un estudio del estado del arte de las soluciones de telemonitoreo de signos vitales actuales, con base a los resultados obtenidos de la revisión sistémica de la literatura se propone un diseño arquitectural basado en computación en la nube ofreciendo un espacio digital que integra todo lo necesario para dar solución a necesidades en el servicio sanitario a pacientes respondiendo a los clientes de atención médica y ciencias de la vida que buscan agregar datos de múltiples fuentes para determinar la condición de un paciente. Aplicando metodología SCRUM se desarrolló un prototipo de software para telemonitoreo de signos vitales que utiliza datos agregados que conducen a una mejor comprensión de la condición del paciente ofreciendo la capacidad de modelar la progresión de la condición subyacente, lo que eventualmente brinda el potencial de predecir el inicio de las afecciones. El trabajo de tesis sienta las bases para continuar con la exploración de nuevos mecanismos para extraer datos de dispositivos médicos, aplicaciones móviles e incluso chips en nuestros cuerpos que integrados con sistemas de información de propósito especifico ayudan a diagnosticar la salud del paciente de manera más rápida. Es por ello que este emocionante entorno requiere líderes que se adapten, que aprendan continuamente y que comprendan que la tecnología es clave para llevar a sus empresas a una realidad más próspera, optimizada y conectada.

1 CAPITULO
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problema de Investigación

1.1.1 Planteamiento del problema

Actualmente se experimenta una época dorada de la innovación, donde la medicina personalizada está haciendo posible curar enfermedades que nunca creímos curables. La medicina digital está ayudando a las personas con enfermedades a estar más saludables, y estamos descubriendo constantemente cómo usar el software para diagnosticar enfermedades a temprana edad, Según un informe publicado por ClinicalTrials.gov [2]. el número de estudios médicos apoyado por software alcanzó los 293.000 en 2018, lo que representa un crecimiento de 250 veces desde el año 2000 [3]. Este crecimiento obliga a buscar cualquier oportunidad para agilizar los procesos, ser más rápidos y mantenerse más seguros, todo mientras disminuyen los costos.

Además, hay una creciente conciencia y compromiso de los consumidores con respecto a su salud, la demanda de posibilidades remotas y domésticas sigue creciendo, varios actores del ecosistema de atención médica presentan nuevos enfoques y asociaciones; y la reducción del gasto sanitario sigue siendo un objetivo principal, junto con una atención de mejor calidad. Un enfoque más integrado y habilitado para IoT resulta esencial en todas estas áreas [4].

El monitoreo remoto de la salud, y varios otros casos de uso de IoT en el cuidado de la salud, deben verse en el contexto de los principales desafíos en el cuidado de la salud con un claro beneficio y/o propósito/posibilidad de innovación, Los desarrollos relacionados con el Internet de las Cosas en el cuidado de la salud también deben verse en el contexto de la transformación digital de los diversos segmentos del cuidado de la salud. IoT y es una piedra angular de la transformación digital de la atención médica hasta al menos la próxima década [4].

Los sistemas de HCE (Historia clínica electrónica) están lejos de ser omnipresentes y la mayoría no han sido diseñados teniendo en cuenta el Internet de las cosas y captura de datos en tiempo real; han sido diseñados, si todo va bien basándose en datos bastante estáticos, para hacer que la asistencia sanitaria sea más rápida, más centrada en el paciente, más asequible y mejor desde la perspectiva de la salud del paciente la información debe ser dinámica y en tiempo real.

Según la investigación de Mind Commerce[5], los sistemas de salud en tiempo real serán un área clave para IoT en la atención médica, ya que las herramientas y los procesos de Big Data Analytics se utilizan para evaluar datos dinámicos y estáticos para el análisis predictivo como parte de programas integrales de mejora de los sistemas de atención médica siendo así los datos los que tienen sentido para mejorar la vida de los pacientes y la organización de la atención médica en sus diversos aspectos, como la capacidad de los médicos, especialistas, enfermeras y personal para tomar mejores decisiones más rápido.

La seguridad y escalabilidad deben ser parte del buen diseño de cualquier caso de uso, proyecto o implementación de telemedicina. Aprovechar el IoT y la computación en nube junto con los datos tienen como objetivo mejorar y reducir los errores y los costos en implementacion de las soluciones actuales. Estos resultados también son esenciales en muchos casos de uso de IoT donde no se tienen en cuenta principios fundamentales de diseño de soluciones para el cuidado de la salud. la resistencia y tolerancia a fallos no siempre se cumple. Además, existen tantos enfoques para la digitalización de registros de atención médica que, en la práctica, una implementación de una solución de telemonitoreo debe tener en cuenta un modelo de referencia que brinde experiencia y línea base en el diseño de este tipo de soluciones.

La hipertensión es considerara una enfermedad crónica asintomática que se caracteriza por la elevación de la presión arterial sistólica mayor o igual a 120 mm Hg y una presión diastólica mayor o igual a 80 mm Hg [6], Es así como en el informe de la organización mundial de la salud en el año 2021, alerta acerca de

las repercusiones económicas de las enfermedades crónicas como se le denomina a la hipertensión arterial y el EPOC, es así como les solicita a los países que analicen y apliquen medidas que puedan controlar y reducir las complicaciones de estas enfermedades. Con esto se espera un impacto de evitar al año 2025 la muerte de 36 millones de personas en todo el mundo por causa de estas enfermedades crónicas [7], es por ello se destina a acelerarse enfoques más avanzados e integrados en el ámbito de la transformación digital de los sistemas de salud con respecto a los aspectos de los datos de salud donde la computación en la nube y IoT desempeña un papel cada vez más importante. Con la ayuda de los objetos conectados en un ecosistema de salud, el trabajo del personal de salud puede ser mucho más inmediato y preciso, además de facilitar la gestión de los centros hospitalarios, o bien incluso de las unidades de salud que brindan atención primaria, y mejorar con ello el bienestar del paciente[8].

De acuerdo con registros especiales de prestadores de servicios de salud en Bogotá existen más de 4500 IPS, solo 323 poseen capacidad para hospitalización y de estas, 100 tienen UCI, de las cuales 15% corresponden al nivel 4 de complejidad, 61% al nivel 3, 18% al nivel 2 y 6% al nivel 1. Si los hospitales de la ciudad estuvieran completamente vacíos, la ciudad tendría una capacidad de 8329 camas y 1179 UCIs entre pediátricos y adultos. Las UCI adultos corresponden, además al número de respiradores existentes en la ciudad. Al 8 de abril, la ocupación de camas en Bogotá era promedio del 57% y la ocupación de UCIs era de 64%.es así como la emergencia funcional es declarada por las IPS Hospitalarias de manera frecuente y es insuficiente el número de camas hospitalarias [9].

A partir de lo anterior surgen las siguientes preguntas: ¿ Cuál es el estado del arte y la técnica de cómputo para el diagnóstico signos vitales?, ¿ cuáles son las variables las variables técnicas que forman parte de un diseño de computación en la nube para el telemonitoreo de signos vitales en tiempo real?, ¿Cómo se debería estructurar un modelo de computación en la nube que permita usar dispositivos IoT para realizar telemonitoreo de la frecuencia cardiaca y saturación

de oxígeno en tiempo real? por último, ¿Cómo debería estructurarse los atributos de calidad de software para satisfacer las necesidades de los interesados en el modelo?

1.1.2 Formulación del problema

¿Cuál debería ser el modelo basado en computación en la nube para realizar telemonitoreo constantes vitales como saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca en tiempo real con el fin identificar de manera predictiva alertas que ponga en riesgo la vida de un paciente?

1.1.3 Sistematización del problema

- ¿Cuál es el estado del arte y de la técnica de cómputo para el diagnóstico signos vitales que permitan determinar las variables que forman parte de un diseño de computación en la nube para el telemonitoreo de signos vitales en tiempo real?
- ¿Cuáles son los diferentes proveedores de tecnología en nube para diseñar solución de software de telemonitoreo?
- ¿Cómo se debería estructurar un modelo de computación en la nube que permita usar dispositivos IoT para realizar telemonitoreo de la frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en tiempo real?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un modelo basado en computación en la nube que permita realizar telemonitoreo de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno en tiempo real.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Sintetizar el estado del arte y la técnica de cómputo actual para realizar telemonitoreo de signos vitales e identificar las funcionalidades de un sistema de telemonitoreo en tiempo real.
- Seleccionar y analizar los diferentes proveedores de tecnología en nube para definir la infraestructura tecnológica que debe soportar una solución de software de telemonitoreo.
- Definir y documentar un diseño basado en computación en la nube que permita reaccionar en tiempo real ante una alerta que ponga en riesgo la vida de un paciente a partir de la lectura de la saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca.
- Construir y validar un prototipo funcional que permita verificar los resultados con un caso de estudio donde se evidencie los beneficios del modelo logrado.

1.3 Justificación

Proponer un modelo basado en computación en la nube satisface el principal problema de esta investigación ya que los resultados de este trabajo puedan ser atendidos y adoptados por empresas de tecnología que trabajen para el sector salud colombiano y que además les permita a estos últimos un mayor entendimiento en el diseño , construcción e implementacion soluciones de telemonitoreo que garanticen que los sistemas estén operativos el 100% siendo esta una pieza arquitectónica capaz de ser implementada en un ecosistema multicloud. Plantear un modelo fundamentado en atributos de calidad de software para garantizar la capacidad de responder a limitaciones del escalado, seguridad, interoperabilidad y resistencia a los fallos, así mismo otorgar una visión clara para la implementación de este diseño en un entorno multicloud para entidades del sector de servicios de salud colombiano.

La investigación encuentra que la gran mayoría de los beneficios percibidos de IoT en la atención médica hoy en día giran en torno a una mayor innovación, visibilidad en toda la organización y ahorro de costos. Además de eso, los futuros beneficios de IoT que se esperan incluyen una mayor productividad de la fuerza laboral, la creación de nuevos "modelos de negocio" y una mejor colaboración fundamentado en los siguientes factores:

- Mayor demanda en el telemonitoreo remoto de la salud de una población que envejece.
- Aumento de la conciencia y prevención de salud del consumidor.
- Falta de infraestructura física para realizar un monitoreo adecuado de pacientes con enfermedades cardiovasculares y respiratorias de manera presencial.
- Aumento en mortalidad de pacientes con enfermedades cardiovasculares y respiratorias.
- Creciente popularidad de tecnologías de computación en la nube para el sector salud.

- Alianzas estratégicas en el mercado de la salud inteligente, donde también entra la creación de esos nuevos modelos de negocio.

A nivel social evidenciar que es una cuestión de hacer que el paciente vuelva a su "entorno normal" y es una forma de reducir la carga de trabajo de los trabajadores de la salud que en muchos países y muchos períodos simplemente no pueden hacer frente. En algunos países, la falta de financiación y, como resultado, la escasez de trabajadores de la salud, específicamente y después de las temporadas donde se producen más enfermedades como el COVID 19 ha sido catalogado por la Organización Mundial de la Salud como una emergencia en salud pública de importancia internacional [7]. la monitorización remota de la salud es muy posible gracias al Internet de las Cosas, también ayudar parcialmente a resolver el aumento de las enfermedades crónicas, entre otras debido al envejecimiento de la población (pero no solo eso). El monitoreo remoto de la salud también es ideal cuando los pacientes viven en áreas remotas y para ciudades donde no se cuenta con una alta capacidad hospitalaria que brinden atención en tiempos de alta demanda.

1.4 Hipótesis

Se propone un diseño para la implementacion de aplicaciones que utilicen la nube como infraestructura situación que pone en ventaja el aporte que se hace a la comunidad científica y al sector productivo de la tecnología de telemedicina para abordar una nueva área que es la computación en la nube para diagnóstico médico.

1.5 Metodología de la investigación

1.5.1 Tipo de estudio

El proyecto de investigación está orientado al tipo de estudio descriptivo y analítico, el cual planea mediante un modelo demostrar las diferentes bondades del uso e implementación de la computación en la nube para el desarrollo de nuevos productos digitales de telemonitoreo usando dispositivos IoT.

1.5.2 Método de investigación

El método de investigación es lógico - inductivo, específicamente se va a utilizar el método de inducción por simple enumeración o conclusión probable, donde la inducción es incompleta ya que los elementos de esta investigación no pueden ser numerados y estudiados en su totalidad, debido al poco alcance a soluciones IoT de telesalud públicas sin embargo con el análisis del modelo se llegan a conclusiones y premisas generales.

2 CAPITULO
MARCO DE REFERENCIA

2.1 Estado del arte

Este análisis sistémico se desarrolló con el objetivo de encontrar el estado del desarrollo de la técnica y el avance del conocimiento para desarrollar computo para el diagnóstico signos vitales y determinar las variables que forman parte de un diseño de computación en la nube para el telemonitoreo de signos vitales en tiempo real. La revisión se realizó utilizando la metodología Prisma [10] con una búsqueda exhaustiva en las bases de datos PubMed, IEEE Explore, Taylor & Francis Online y Google Scholar para identificar estudios relevantes.

Las principales especificaciones extraídas para cada artículo son los detalles de la publicación realizada como resultado de este trabajo de investigación [11] , el tipo de signo vital monitoreado, mecanismo para la ingesta de datos, procesamiento de información, visualización de información e infraestructura utilizada. De 95 artículos, 40 estudios fueron elegibles para los criterios, con los resultados obtenidos se propone un diseño para la implementacion de aplicaciones que utilicen la nube como infraestructura situación que pone en ventaja el aporte que se hace a la comunidad científica y al sector productivo de la tecnología de telemedicina para abordar una nueva área que es la computación en la nube para diagnóstico médico. En la *(Tabla 1 síntesis de los artículos revisados*) se relaciona un resumen de los artículos revisados.

Tabla 1 Síntesis de los artículos revisados

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
[12]	Estudio observacional prospectivo en pacientes quirúrgicos con sensores tele monitorizando signos vitales para evaluar confiabilidad de medidas repetidas utilizando gráficos de Bland-Altman	Frecuencia Cardiaca (FC). Frecuencia Respiratoria (RR). Saturación Oxigeno (Spo2).	portátil (Everion. Biovotion AG. Zürich, Suiza) sensores	1. Se excluyeron valores si estaban fuera de los rangos técnicos definidos método de filtrado de datos para eliminación de datos atípicos. 2. Emparejamiento de datos del sensor vs datos capturados manualmente. 3. Cálculo coeficientes de correlación de medidas repetidas.	Gráficos de Bland-Altman en MATLAB R2018a (MathWorks, Inc., Natick, MA, EUA).	- Servidor Web
[13]	Evaluar la disponibilidad de datos, la precisión y la validez concurrente de los datos de signos vitales medidos con sensores portátiles	Frecuencia cardíaca (FC). frecuencia respiratoria (RR), saturación de oxígeno (SpO2) y temperatura.	Sensor portátil Everion. Dispositivo VitalPatch. Dispositivo Fitbit Charge. Dos dispositivos de referencia (Oxycon Mobile e iButton).	1. Se aplica a los datos la mediana de la desviación absoluta (MAD). 2. Se calculó la mediana del error porcentual absoluto (MAPE) por minuto por signo vital. - proceso manual.	1. MATLAB R2018b (MathWorks, Inc) 1. SPSS Statistics 23 (IBM Corp)	- Servidor Web
[14]	Describe el diseño de un sistema inteligente para el monitoreo remoto del estado de salud de un conductor en tiempo real. bradicardia o arritmia cardíaca.	Frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (RR). Saturación de Oxigeno (spO2).	1. Sensor de Electrocardiograma DFRobot SEN0213., Sensor Fotopletismográfico rcwl-0530 acoplada a una placa de Arduino. -Hibrido	1.Algoritmo de procesamiento de señales fisiológicas como el ECG y las señales fotopletismográficas (PPG) para detectar complejos QRS, calcular la frecuencia cardíaca, medir la saturación de oxígeno en la sangre SPO2, y detectar	Interfaz gráfica de usuario (GUI) bajo el entorno de desarrollo integrado (IDE) Visual Basic Aplicación Web	Computador Personal-arquitectura cliente/servidor -Hibrido

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
[15]	Diseño y aplicación de un nuevo dispositivo portátil de electrocardiograma H3 (ECG) de triple derivación de 72 horas con una plataforma remota de ECG basada en la nube y un sistema de apoyo experto	Frecuencia cardíaca (FC).	1. Holter (monitor SEER Light Holter, GE Healthcare, EE. UU.) detecta señales ECG. 2. Dispositivo H3-ECG ECG	1. Sistema de análisis MARS (GE-Marquette, ee.uu.)para Holter. 2. Sistema de apoyo experto basada en la nube. Software de telemedicina.	3. Aplicación de Correlaciones de Pearson y gráficos de Bland-Altman Hibrido	1. Computador Personal para instalación de MARS (Holter) 2. plataforma remota basada en la nube H3-ECG) Hibrido
[16]	Desarrollar y evaluar un sistema de emergencia para monitorear a los pacientes con COVID-19	Frecuencia cardíaca (FC). Temperatura Corporal (TC). Saturación de Oxigeno (spO2). frecuencia respiratoria (RR).	1. Sensor Oxímetro de pulso portátil (tipo dedo, BIC modelo YK-80A). 2. Medidor de flujo máximo desechable (medícate, modelo 72000M). 3. termómetro. Hibrido	1. Los datos se evaluaron mediante la prueba de Shapiro-Wilk. 2. análisis no paramétricos (prueba de Mann-Whitney). 3. Analisis usando sistema de información Origin® 8.0 (Microcal Software Inc., Northampton, Massachusetts, Estados Unidos). 4.Los gráficos fueron elaborados utilizando MedCalc 13.1 Software de telemedicina	1. Aplicación de teléfono celular (La aplicación fue desarrollada en Java utilizando el entorno de desarrollo integrado Android Studio (versión 3.6.3). 2. Instrumento virtual desarrollado en entorno LabView. 3. Aplicación con panel frontal hospitalario. Hibrido	1. En el entorno hospitalario la plataforma hardware estaba constituida por un Intel Core i7-8750H, ordenador de 2,2 GHz con 16 GB de RAM, un disco duro de 1 TB, y un sistema operativo Microsoft Windows 10. El software.
[17]	Describe la implementación de dos agentes IEEE para	Frecuencia cardíaca (FC). ECG.	1. Sensor Oxímetro de pulso.	1. uso de un DSP (procesamiento digital de señales).	1, se desarrolló una aplicación para teléfonos inteligentes. El proyecto	Servidor Web

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
	mediciones del nivel de saturación de oxígeno (SpO2) y la adquisición de datos de electrocardiograma (ECG) para asegurar la interoperabilidad.		2. Sensor ECG. Sensores	2. Algoritmos para eliminar el ruido, extraer parámetros de los datos fisiológicos e identificar eventos de advertencia. Algoritmo de procesamiento de señales fisiológicas como el ECG	MORFEO OpenHealt -Aplicación móvil	
[18]	Este trabajo aborda el diseño, desarrollo e implementación de un transductor suave portátil basado en 4.0 para la tele monitorización de signos vitales centrados en el paciente	Frecuencia cardíaca. Saturación de oxígeno. Spo2 Presión sistólica / diastólica.	1.Sensor MAX30100 2. Microcontrolador ESP32 -sensores	1. Algoritmo DL (aprendizaje profundo), que se entrena sobre la base de mediciones preliminares de los signos vitales del paciente.	1. aplicación móvil (EcO2u) para el paciente y el médico remoto. -Aplicación móvil	Infraestructura nube y aplicación en Java -hibrido
[19]	Este trabajo aborda la introducción de un sistema de bajo costo, dirigido a pacientes psiquiátricos, para la adquisición y transmisión inalámbrica en tiempo real de parámetros fisiológicos	1. Movimientos bruscos. 2. Humedad y humedad. 3. Frecuencia Cardiaca (FC). 4. Presión sanguínea. 5. Frecuencia Respiratoria (RR). 6. Saturación Oxigeno (Spo2).	1. Microcontroladores. Arduino, ESP8266/32. 2. MPU-9250 (IMU) 3. SHT21 4. AD8232 (dispositivo análogo) sensores	1. Algoritmo detector de convulsiones local. 2. algoritmos basados en umbrales basado en señales ECG.	1. Sistemas informáticos completos basados en un System on Chip (SoC). Raspberry Pi y sus clones, Beagle Bone Aplicación Web	Infraestructura nube y se implementó una API RESTful simple usando Python y Flask en combinación con un DBMS MySQL. Los datos se cifraron correctamente

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
[20]	Este trabajo aborda un proyecto para la implementación de un sistema de telemedicina, compuesto por una aplicación móvil para la recopilación interna de parámetros vitales y una plataforma en la nube que permite a los médicos de cabecera monitorearlos de forma remota	1. Frecuencia cardíaca (FC). 2. Saturación de Oxigeno (spO2). 3. Presión arterial. 4. Peso	1. sensor GIMA OXY 10. 2. sensor UA-767PBT-CI 3 sensor UC-351PBT-CI 4. sendorTAIDOC TD-1241B sensores	Sistema Telemedicina Tel.Te. Covid19	1. Telemedicina Tel.Te. Covid19 tiene 4 módulos: - Plataforma nube multiacceso. Con acceso desde Tablet aplicación profesional instalada. Aplicación Web	Infraestructura en nube con arquitectura cliente - Servidor. Hibrido
[21]	Comprender si la tecnología electrónica puede mejorar la seguridad y la calidad de la atención de los adultos mayores mediante la detección temprana de cambios en el estado de salud.	1. Frecuencia cardíaca (FC). 2. Saturación de Oxigeno (spO2). 3. Frecuencia Respiratoria	1. monitor de presión arterial Plus serie 10 de Omron con manguito. ComFitTM modelo BP791IT 2. pulsioxímetro de dedo Nonin Onyx II Modelo 9560. 3. Monitor de composición corporal Tanita® para medir el peso corporal y la hidratación. ECG	Se utilizo SPSS versión 19 para analizar los datos de utilización del servicio. Se utilizó un modelo lineal general (GLM) para ajustar un "modelo de discontinuidad de regresión.	interfaz de software para vincular los datos del concentrador central con OneMAR Aplicación Web	Infraestructura en nube con arquitectura cliente - Servidor. Hibrido

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
[22]	Este artículo revisa la utilidad de la tele monitorización de la oxigenoterapia domiciliaria y describe el sistema analítico basado en la nube desarrollado	1. Frecuencia cardíaca (FC). 2. Saturación de Oxigeno (spO2).	1. oxímetro de pulso dedicado. 2. concentrador de Oxigeno con Memoria. Hibrido	sistema experto de toma de decisiones basado en análisis digital y el procesamiento de datos de muestreo	Interface Grafica sistema Fukuda Denshi Aplicación Web	Infraestructura en nube con arquitectura cliente - servidor dedicado desde una computadora. Hibrido
[10]	Este estudio se enfoca en el problema de cómo diseñar un sistema de telemonitoreo para infantes en áreas remotas	1. Frecuencia cardíaca (FC). 2. Saturación de Oxigeno (spO2). 3. Temperatura. 4. Peso	1. Sensor LM 35D. 2. Monitor de Frecuencia cardíaca. 3. Microcontrolador Arduino MEGA 2560 hibrido	se aplicó error absoluto, error porcentual, exactitud porcentual relativa, precisión y confiabilidad test-retest o coeficiente de estabilidad Manual	1. se desarrolló una aplicación móvil de Android. Aplicación móvil	Infraestructura nube con aplicación Android. Hibrido
[23]	El objetivo de este estudio es desarrollar y probar un sistema de tele monitorización de pacientes conectado en línea y fuera de línea.	1. Frecuencia cardiaca (FC). 2. Temperatura corporal. 3. Frecuencia Respiratoria. 4. Saturación Oxigeno (spO2)	1. sensor AD8232. 2. sensor DS18B2. 3. sensor MPU6050. 4. sensor MAX30100. 5. Microcontrolador ESP8266 - sensores	- Manual	gráficos de serie de datos - Aplicación Web	servidor web, Infraestructura en nube almacenamiento - Hibrido
[24]	Este artículo presenta el diseño de un sistema de monitoreo remoto en tiempo real para pacientes	1. Temperatura Corporal. 2. Frecuencia Cardiaca. 3. Presión arterial.	1. sensor LM-35. 4. sensor Max30105. 5. Arduino Mega 2560. 6. Microcontrolador	Manual	pantalla de diodo orgánico u OLED Pantalla OLED	servidor web, Infraestructura en nube almacenamiento. Hibrido

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
	vulnerables en unidad de cuidados intensivos.	4. Saturación Oxigeno. 5. Señales ECG	ESP8266 sensores			
[25]	El objetivo principal de este trabajo es representar la necesidad de reconocer sensores portátiles como un requisito previo para soportar paradigmas en el seguimiento de pacientes en tiempo real y permitir el acceso a la información desde la nube.	1. Frecuencia Cardiaca. 2. Saturación Oxigeno. 3. Temperatura Corporal.	1. sensor ECG. 2. sensor AD8232. 3. Microcontrolador Arduino ESP32. sensores	La plataforma como servicio (PaaS) basada en nube. Almacenamiento. Cálculo. Analítica. Visualización. Sistema experto	Sistema seguro de monitoreo de atención médica que integra IoT basado en NDN con la nube Edge Aplicación Web	Infraestructura en nube
[26]	Este documento describe el Monitoreo de E-Salud (EHM) y presenta un marco arquitectónico para describir todo el ciclo de vida del monitoreo y destaca los componentes esenciales del servicio.	1. Temperatura Corporal. 2. Frecuencia Cardiaca. 3. Presión arterial. 4. Saturación Oxigeno. 5. Señales ECG	1. sensor LM-35. 2. sensor oxímetro de pulso 3. sensor MC1630 5. Arduino Mega 2560. 6. Microcontrolador Arduino sensores	software de telemedicina	Aplicación Web	servidor web, Infraestructura en nube almacenamiento. Hibrido
[26]	Este documento presenta un sistema portátil de señales multi vitales de monitoreo inteligente seguro basado en la	1. Temperatura Corporal. 2. Frecuencia Cardiaca.	1. sensor DS18B20 2. MAX30102 3. Microcontrolador	Manual	La interfaz web se desarrolla utilizando HTML5, JavaScript,	Terminal PC, Servidor Local, Infraestructura

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
	tecnología de Internet de las cosas (IoT)	3. Saturación Oxigeno Spo2.	ESP8266 NodeMCU sensores		BootStrap y ASP.NET. Aplicación web	en nube Hibrido
[27]	El objetivo de este estudio es construir un modelo pronóstico, ViSiBiD, que pueda identificar con precisión los eventos clínicos peligrosos de un paciente de monitoreo domiciliario de antemano utilizando el conocimiento aprendido de los patrones de múltiples signos vitales de un gran número de pacientes similares	1.frecuencia cardíaca (FC) 2. presión arterial sistólica, diastólica y media (SBP, DBP, MBP), frecuencia respiratoria (RR). 3. saturación de oxígeno en sangre (SPO)	1. sensor Shimmer. 2. teléfonos inteligentes. Sensores	Algoritmos Transformadas y descomposiciones wavelet discretas. Algoritmo Árbol de decisión J48. Algoritmo Optimización mínima Secuencial. Algoritmos de entrenamiento. Algoritmos de aprendizaje.	Aplicación Web	servidor web, Infraestructura en nube almacenamiento, servidores locales. Hibrido

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
[28]	Este artículo muestra el proceso de desarrollo y evaluación de VISINET, un prototipo de sistema de monitoreo de signos vitales interoperable de hardware abierto que captura datos de variables clínicas de un paciente y los envía a un servicio basado en la nube para su visualización remota	1. Frecuencia Cardiaca (FC). 2. Temperatura corporal. 3. Presión arterial.	1. Unidad Central del Cuerpo (BCU) que recopila datos de sensores. 2. Unidad de sensor corporal (BSU) que recibe, procesa y transmite señales del cuerpo humano. 3. dispositivo Kodea v2.0 para presión arterial. 4. sensor de temperatura Lilypad. 5. Arduino Mega 2560 sensores	Algoritmo La BCU lo recibe y calcula el CRC. La BCU compara el CRC recibido con el calculado. Si CRC coincide, la información se almacena en una variable temporal. Basado en ECG Algoritmo de procesamiento de señales fisiológicas como el ECG	1. pantalla de cristal líquido (LCD) de un teléfono celular Nokia 5110 para mostrar localmente los signos vitales medidos por VISINET. 2. Xively fue elegido como la plataforma de monitoreo LCD/OLED	Servidor Web
[29]	En este documento, el sistema utiliza los dispositivos de monitoreo de signos vitales para detectar los signos vitales del cuerpo.	1. Frecuencia Cardiaca (FC). 2. Frecuencia respiratoria.	Hibrido	carga de datos verifica Identidad filtrado de datos estables Clasificación de datos Analisis de datos Generación de gráficos Generación de histograma	Aplicación en terminal móvil Aplicación móvil	Infraestructura en nube

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
[30]	Este artículo presenta el diseño de un sistema de monitoreo de salud en tiempo real que puede almacenar los parámetros básicos de salud de un paciente. Los datos pueden ponerse a disposición de un médico como alerta y para su seguimiento por múltiples medios de comunicación	1. Frecuencia cardíaca (FC). 2. Temperatura corporal. 3. Presión arterial.	1. Sensor Sunrom 2. Sensor termómetro digital DS18B20 3. Raspberry Pi 3 (RPi3) sensores	se aplicó al dato cálculo de promedio y desviaciones estándar. Se calculo latencia en la serie de datos. Manual	1. La aplicación principal fue escrita en el lenguaje de programación Python. La aplicación web se desarrolló con HTML5 y CSS3 para la interfaz de usuario; 2. Se implementó una aplicación móvil IBEACON desarrollada con el soporte del protocolo	Infraestructura distribuida, servidor Web.
[31]	Este documento propone un enfoque para un marco de inteligencia ambiental (AmI) que respalda el monitoreo remoto en tiempo real de pacientes diagnosticados con insuficiencia cardíaca congestiva (ICC)	Señales ECG	sensor ECG sensores	algoritmo basado en ECG	Aplicación Web	Infraestructura distribuido, servidor Web.

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
[32]	Se propone una aplicación de atención médica basada en IoT en el trabajo de investigación. El sistema propuesto consta de la aplicación web y móvil basada en el seguimiento inalámbrico continuo de los pacientes.	1. Temperatura Corporal. 2. Frecuencia Cardiaca. 3. Saturación Oxigeno Spo2.	1. Modulo ECG. 2. sensor de pulso. 3. sensor Spo2. 4. Módulo Wifi 5. Módulo GSM hibrido	algoritmo basado en ECG	Aplicación en terminal móvil Aplicación móvil	servidor web, Infraestructura en nube almacenamiento. Hibrido
[33]	Este documento presenta una arquitectura de salud electrónica en progreso que utiliza IoT para la adquisición de datos, preprocesamiento de datos y almacenamiento a corto plazo, y nube para el procesamiento, análisis.	1. frecuencia cardíaca 2. temperatura corporal 3. presión arterial	sensores de bajo costo teléfonos portátiles Microcontrolador Arduino sensores	nube de AWS	Aplicación Web	Infraestructura en nube

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
[34]	El estudio propone tecnología de sistema portátil basada en textiles, biosensores discretos, cajas médicas inteligentes y un marco arquitectónico de computación en la nube, entre otras tecnologías y avances que impulsarían a la industria del cuidado de la salud.	1. Temperatura corporal. 2. Frecuencia de pulso. 3. posición del cuerpo. 4. Medición ECG (Frecuencia cardiaca)	1. sensor DS18B20 para TP 2. sensor de pulso Amped. 3. sensor ADXL335 PC 4. sensor de medición ECG sensores	Manual	MATLAB R2018b (MathWorks, Inc)	Infraestructura en nube almacenamiento. Hibrido
[35]	Este documento propone un modelo híbrido inteligente consciente del contexto para pacientes bajo supervisión en el hogar que adopta una arquitectura híbrida con componentes locales y basados en la nube	1. Frecuencia Cardiaca. 2. Saturación Oxigeno Spo2. 3. Frecuencia Respiratorio.	sensores de bajo costo teléfonos portátiles sensores	algoritmos de aprendizaje automático que pueden realizar muchas operaciones de minería de datos tareas, como reglas de asociación, clasificación, agrupamiento, regresión, preprocesamiento de datos y visualización basado en MapReduce	Aplicación Web	Infraestructura hibrida en nube almacenamiento, servidores locales.

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
[36]	Este artículo presenta el enfoque de un sistema de salud electrónica para la tele monitorización cardíaca que utiliza la placa de desarrollo LinkIt ONE como sistema de monitorización. Dicho tablero fue adaptado para medir el pulso cardíaco, analizarlo y determinar si una persona tiene o no una arritmia cardíaca	1. Frecuencia cardiaca. 2. Saturación de Oxigeno SPo2. 3. respiración. 4. temperatura corporal. 5. glucómetro. 6. Presión arterial. 7. sudoración. 8 Posición del Paciente	1. plataforma de sensores de eHealth. 2. placa de desarrollo LinkIt ONE de MediaTek un microcontrolador MT2502A Sensores	software de telemedicina	Plataforma UBIDOTS es un servicio en la nube para almacenar y analizar información de sensores en tiempo real. Aplicación Web	Infraestructura en nube almacenamiento
[37]	En este artículo, se propone un enfoque novedoso para la tele monitorización de ECG basado en un nodo de sensor inalámbrico, donde la señal de ECG se mide con supresión de ruido.	1. Frecuencia Cardiaca.	1. Transceptor NRF24L01+ 1. Microcontrolador ARDUINO lilypad Placa ATMega382. 2. Sensor ECG AD8232. sensores	algoritmo basado en ECG	Plataforma IOT de tele monitorización, aplicación móvil.	Infraestructura en nube almacenamiento
[38]	En este estudio, la infraestructura de recopilación de datos se construye en la nube para capturar datos de comportamiento sobre el	1. Frecuencia cardiaca. 2. glucómetro	1. sensores de bajo costo 2. teléfonos portátiles 3. Ingesta Manual de	Proceso de análisis Manual/operativo sobre las bases de datos	E-Health System Cloud Platform Aplicación Web	Infraestructura en nube almacenamiento

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
	uso del E114 de PA.		datos Hibrido			
[39]	El objetivo del proyecto AIR CARDIO es evaluar el impacto, la eficiencia y la eficacia de un sistema de tele monitorización domiciliaria para niños con cardiopatías congénitas.	1. Frecuencia cardíaca. 2. Temperatura corporal. 3. peso corporal. 4. saturación de oxígeno	1. Electrocardiografía MR&D Pulso v3 2. sensor TD-1241B 3. sensor UC-351PBT-Ci Pediátrico, BEBÉ GIMA Neonatal 4. pulsioxímetro GIMA OXY 10	Procesamiento de datos por el módulo Core de procesamiento de smart-hub.	Aplicación smart-hub Aplicación Web	Infraestructura en nube
[40]	Este documento ilustra un sistema de tele monitorización en tiempo real que realizará un seguimiento de los parámetros corporales de los pacientes, utilizando tecnología RFID, Zigbee y GSM	1. Temperatura corporal. 2. Frecuencia Cardiaca. 3. Respuesta galvánica de la piel	1. sensor LM35 (TP). 2. sensor Modelo 1157 (FC). 3. sensor GSR (RG) 4. Microcontrolador ATMEGA8 sensores	Proceso de análisis manual utilizando dos técnicas: una es la pantalla LCD y otra es la salida obtenida en MATLAB en forma de gráficos	1. MATLAB 2. Aplicación móvil del Médico. 3. Sitio Web del hospital. 4. Pantalla LCD LMB162 A Hibrido	servidor Web
[41]	En este estudio, un medidor de presión arterial (PA) conectado a la nube se transformará en una plataforma en la nube de captura de datos de PA	1. Frecuencia Cardiaca	1. Monitores de presión arterial. 2. Medidores de glucosa en sangre. 3. Monitores de composición corporal.	software de telemedicina	Plataforma en la nube eSmartHealth Aplicación Web	Infraestructura hibrida en nube almacenamiento , servidores locales.

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
	basada en investigaciones y observará el uso diario de la medición de PA y cargará datos en la nube a través de un concentrador USB y una computadora personal conectada a Internet.		4 Monitores de frecuencia cardíaca hibrido			
[42]	En este trabajo se describe un sistema completo e integrado de Tecnologías de la Información y la Comunicación que permite a los pacientes con ICC (insuficiencia cardiaca crónica) tomar diariamente las constantes vitales en su domicilio y enviarlas automáticamente al Sistema de Información del Hospital, lo que permite a los médicos monitorear a sus pacientes a distancia y tomar acciones oportunas en caso de necesidad.	1. Frecuencia cardiaca. 2. Saturación de Oxigeno SPo2. 3. Peso	1. electrodos de ECG 2. Tensiómetro UA-767BT 3. Báscula digital UA-321PBT hibrido	Algoritmos de procesamiento de datos para detectar alteraciones peligrosas y luego los reenvía al servidor del hospital a través de ADSL o banda ancha móvil Software de telemedicina	sistema H@H Aplicación Web	Infraestructura distribuido, servidor Web, cliente servidor , maquinas locales. Hibrido

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
[43]	En este artículo se presenta E-Care, una plataforma de tele monitorización que combina la web semántica y la inteligencia artificial. E-Care se basa en ontologías genéricas y un sistema de apoyo a la decisión	1. Presión arterial. 2. Temperatura ambiente. 3. Frecuencia Cardiaca	1. sensores de bajo costo 2. teléfonos portátiles 3. sensores médicos. hibrido	la plataforma combina la web semántica y la inteligencia artificial. E-Care se basa en ontologías genéricas y un sistema de apoyo a la decisión Software de telemedicina	Plataforma de software de atención E-Care Aplicación Web	Servidor Web
[44]	Este Articulo se presenta un modelo experimental diseñado para monitorear y verificar el estado de salud de los pacientes basados en sensores. El marco depende del escudo del sensor de salud electrónica asociado con una plataforma en la nube que recopila los datos de los sensores	1. Frecuencia respiratoria. 2. Saturación Oxigeno. 3. Temperatura corporal. 4. Medición ECG (Frecuencia cardiaca)	1. sensor de flujo de aire, 2. sensor de glucómetro. 3. sensor de posición del paciente. 4. microcontrolador basado en ATMega328 - Arduino. Sensores	Su almacenamiento y procesamiento de información se realizan en una computadora con un instrumento virtual Lab VIEW personalizado software de telemedicina	E-Health Monitoring System Aplicación Web	Infraestructura en nube

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
[45]	En este documento, proponemos una plataforma para monitorear los signos vitales del paciente utilizando contratos inteligentes basados en blockchain.	1. Temperatura Corporal. 2. sensor glucómetro 3. sensor de flujo. 4. Saturación Oxigeno. 5. Frecuencia cardiaca (FC). 6. Electromiograma (EMG)	1. Sensores de atención médica. 2. Sensores ECG. 3. Sensor temperatura corporal. 4. Sensores de esfigmomanómetro 5. Sensores EMG sensores	Plataforma blockchain IoT de atención médica basada en capas para el monitoreo seguro de signos vitales	Interfaz de usuario basada en web para la supervisión de signos vitales con Hyperledger Fabric. Aplicación Web	Infraestructura distribuida, contenedores Docker, servidor web. Hibrido
[46]	En este trabajo, los signos vitales se recopilan mediante dispositivos médicos inalámbricos y se envían a un sistema de apoyo a la toma de decisiones computarizado que consiste en un modelo de diagnóstico.	1. Frecuencia cardiaca (FC.) 2. Presión arterial (PA). 3. Frecuencia de pulso (P). 4. Frecuencia Respiratoria (RR). 5. Saturación de Oxigeno (SPO2). 6. Temperatura Corporal (T)	1. Monitor de presión arterial. 2. Oxímetro de clip de dedo Onyx II de Nonin. 3.Accu-Chek Compact plus medidor de glucosa en sangre. 4. Termómetro de oído instantáneo de Omron 5. Lecturas manuales. Manual	Se emplea un modelo de lógica difusa para evaluar e interpretar múltiples parámetros fisiológicos utilizando los signos vitales recopilados: HR, BP, P, SpO2 y T. El sistema aprende de los parámetros normales de cada paciente en particular mediante el modelado del sistema de inferencia difuso adaptativo-neuro (ANFIS), algoritmos de aprendizaje automático	Aplicación en sistema de Computador personal Aplicación Web	servidor web, computador personal hibrido

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
[47]	Este tutorial analiza la tecnología IoT relacionada con las aplicaciones médicas, las diversas direcciones en las que penetra en el sector de la salud y presenta algunas tendencias futuras en su desarrollo, como Bio-IoT y Nano-IoT o Internet of Nano Things. Desde el punto de vista de la monitorización de los signos vitales de los pacientes, el componente más importante de un sistema basado en IoT son las redes inalámbricas de área corporal (WBAN)	1. Frecuencia cardiaca (FC). 2. Presión arterial (PA). 3. temperatura (T). 4. Saturación oxigeno (SPo2)	1. Recolector de datos físicos ECG. 2. EEG. 3. oxímetro de pulso. 4. Microcontrolador Atmel ATMega 128L Hibrido	Los datos se recopilan a través de sensores en los nodos MicaZ. Se procesa y transmite a la Plataforma de Soporte de Servicios MIB 250, que a su vez se encarga del análisis y gestión de la operación. Software de telemedicina	1. interfaz de usuario está programado con TinyOS y las operaciones de la base de datos se realizan en la capa del servidor. Solo las aplicaciones Xmesh se pueden ver en el programa Motoview. Aplicación Web	servidor web, computador personal. Hibrido
[48]	Este articulo el monitoreo deportivo está basado en sensores llevan a las personas a aprovechar los dispositivos deportivos portátiles para monitorear	1. Saturación de Oxígeno. 2. Frecuencia de pulso. 3. Frecuencia cardiaca.	1. oxímetro de tejido portátil de infrarrojo 2. sensor transaxial BGA250. 3. Microprocesador STM32. 4. Microprocesador	sistema experto de toma de decisiones basado en análisis digital y el procesamiento de datos de muestreo Software de telemedicina	gráficos de serie de datos Aplicación Web	servidor web, computador personal. Hibrido

Referencia	Enfoque Principal	Signo vital	Ingesta	Procesamiento	Visualización	Infraestructura
	sus propios parámetros fisiológicos.		MSP 430 sensores			
[49]	Este articulo propone un diseño de un dispositivo inalámbrico portátil Sistema de monitoreo de saturación de sangre. El sistema debe ser capaz para medir y transmitir el oxígeno en sangre arterial del paciente el nivel de saturación (Sp02) y la frecuencia cardíaca (FC).	1. Saturación Oxigeno. 2. Frecuencia cardiaca	1. Sensor oxímetro de pulso dedicado SP1006. 2. Microcontrolador PIC 18F4520 sensores	Algoritmo de oximetría de pulso fraccional Algoritmo de procesamiento de señales fisiológicas como el ECG	1. Aplicación Android v2.3. 2. Interfaz gráfica basada en MPLAB. 3. Pantalla LCD Hibrido	servidor web, computador personal Hibrido

2.2 Marco teórico

2.2.1 Reseña computación en la nube

En muy pocos casos una rama tecnológica ha evolucionado tanto en tan poco tiempo como en el caso de la arquitectura de computadores. Desde los primeros diseños de microprocesador que aparecieron en los años 70 hasta la actualidad, se han incorporado a los procesadores técnicas como la segmentación, la planificación dinámica de instrucciones y la predicción dinámica de saltos, la especulación o el multithreading. Todas estas mejoras han permitido que el rendimiento de los procesadores disponibles en el mercado se haya incrementado a un ritmo muy superior al que predecía la ley de Moore, que tenía en cuenta las mejoras en la tecnología, pero no podía predecir la velocidad a la que se iban a mejorar los diseños [1]

Esta evolución tecnológica ha tenido lugar en la era de la industrialización de las TIC, de la utilización del concepto de economía de escala en los entornos informáticos y de las estrategias de externalización de servicios. La evolución de sistemas distribuidos de tipo cluster o peer-to-peer (P2P) hacia sistemas que seguían el paradigma Grid, respondía en gran medida a un interés de las grandes compañías del sector como Google, IBM, Microsoft o Amazon por explorar las posibilidades del modelo de Utility Computing. Es decir, de proporcionar a usuarios individuales, empresas, corporaciones o administraciones públicas, recursos hardware y software con el modelo de cualquier otro proveedor de suministros (utilities). De esta forma los clientes podrían acceder a estos recursos de manera remota, y realizar tareas complejas y pesadas con plataformas sencillas y/o móviles con muy pocas herramientas y aplicaciones instaladas localmente.

El modelo basado en Grid no prosperó en un principio con este objetivo, aunque sí se extendieron los grids de datos y de cómputo en entornos académicos y científicos. La posibilidad de compartir recursos heterogéneos a través de redes de comunicaciones de área extensa (Internet en muchos casos) y de formar organizaciones virtuales con objetivos y fines comunes que además fueran fácilmente escalables fue muy bien recibida en este tipo de contextos, a pesar de

que las grandes empresas encontraron limitaciones en el modelo para explotarlo en su propio beneficio[1]

Sin embargo, unos pocos años después nos encontramos con que las nuevas necesidades en relación con la infraestructura hardware y software de una organización en entornos globales, dinámicos y competitivos como los actuales han vuelto a impulsar la idea del Utility Computing entre las grandes empresas del sector. Y en esta ocasión, la coincidencia en el tiempo de las plataformas Grid, de los servicios web y de las tecnologías de virtualización sí que ha permitido que surja un paradigma que resuelva el problema, el denominado Cloud Computing.

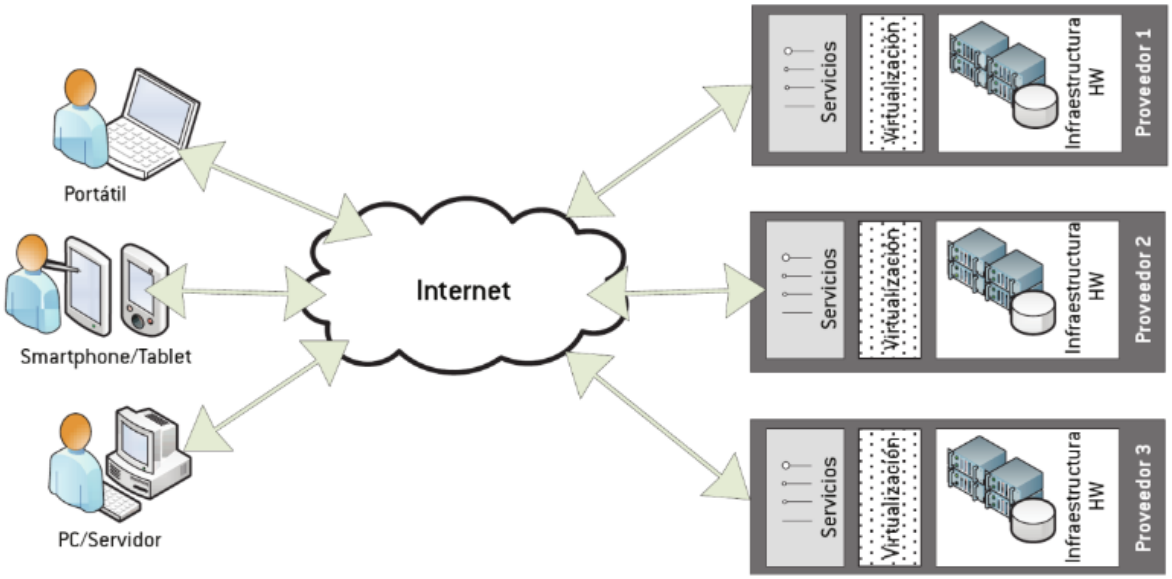


Ilustración 1 Concepto computación en la nube (Fuente [1] *)*

2.3 Definición computación en la nube

La definición que proporciona NIST (National Institute of Standards and Technology del US Department of Commerce) es quizás una de las más completas y extendidas. Según este organismo Cloud Computing es un modelo que permite acceso remoto, según nuestras necesidades y bajo demanda, y a través de una red de comunicaciones, a un conjunto compartido de recursos de cómputo configurables (redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden ser reservados y liberados de manera rápida con un mínimo esfuerzo e intervención por parte del proveedor.[50]

Podríamos proporcionar muchas más definiciones de diferentes autores, organismos e instituciones, pero todas ellas redundarían en los mismos términos y conceptos, que se pueden resumir en:

- Disponibilidad de recursos masivos que se emplean bajo demanda, el modelo es de pago por uso, sin compromisos a largo plazo ni obligación de realizar predicciones acerca del uso de la infraestructura.
- Capacidad de que clientes heterogéneos realicen accesos remotos, ubicuos y dinámicos a través de la red. Los mecanismos de acceso a la infraestructura virtualizada deben ser estándares y transparentes al usuario.
- Agrupación de recursos y utilización en modo multi-tenant. Es decir, el proveedor suele centralizar en un número reducido de sedes todos sus recursos para facilitar su gestión y tiene que estar preparado para que diferentes usuarios hagan uso de los mismos recursos en un momento dado sin que esto sea en perjuicio del rendimiento que observen y de manera que sea transparente para ellos (de nuevo incidimos en el concepto de infraestructura virtualizada).
- Elasticidad y dinamismo, los recursos deben poder reservarse y liberarse según las necesidades de los clientes en cada momento. De hecho, para el cliente debe ser como si pudiera escalar hasta cantidades de recursos prácticamente ilimitadas y prácticamente en tiempo real. Además, esta característica también debe entenderse como una incorporación casi automática de nuevas

tecnologías, los proveedores deben ofrecer a sus clientes siempre las últimas innovaciones.

- Servicios proporcionados como suministros y por lo tanto, monitorizados, controlados y cuantificados de manera rigurosa, manteniendo políticas de información y de privacidad adecuadas.
- Desde nuestro punto de vista, es realmente importante comprender que el paradigma de Cloud Computing responde a una nueva necesidad del mercado mediante la utilización de tecnologías que no son nuevas, aunque sí lo sea su combinación. Además, hay que observar la aparición en todas las definiciones de conceptos relacionados con tecnología pura pero también con el modelo de negocio que representa este nuevo paradigma. Y es que, como analizaremos a lo largo de todo este libro, prácticamente en ningún aspecto relacionado con el Cloud Computing se pueden separar claramente ambos aspectos, el tecnológico y el de negocio.

2.4 Fundamentos tecnologías asociadas en la nube

Con lo que sabemos hasta ahora de este nuevo modelo de computación y de negocio, parece fácil comprender que, por un lado, es necesario disponer de una tecnología como el Grid, que soporte las necesidades de recursos hardware que presenta, pero por otro también son necesarias tecnologías a un nivel de abstracción más alto que permitan ofrecer estos recursos a los usuarios con las características mencionadas en la sección anterior. En concreto estas tecnologías son la virtualización y los servicios web, que resuelven la necesidad de ofrecer recursos hardware y software de distintos tipos siguiendo unos estándares, a través de la red, con la propiedad de multi-tenancy o compartición por parte de varios usuarios y manteniendo siempre la transparencia deseada[1]

2.5 Sistemas GRID

Las Arquitecturas de tipo Grid (Ilustración 2) surgieron como la evolución natural de los clusters, generalizando el concepto gracias a la gran evolución del internet, Aunque ambos tipos de arquitecturas son de memorias distribuidas es decir en cada uno de los nodos que componen el sistema tiene su propia memoria principal que no es accesible para el resto de nodos, por lo que la colaboración y comunicación entre ellos debe realizarse de manera explícita mediante paso de mensajes existen importantes diferencias entre ellas, que se pueden resumir en :

En el caso de un clúster, los nodos están ubicados geográficamente en el mismo lugar y se conectan entre ellos mediante una red controlada de altas prestaciones mientras que en el caso de un Grid, los nodos están distribuidos geográficamente e interconectados mediante una red de área extensa. Con los grids se comienza a hablar de arquitecturas débilmente acopladas, es decir, compuestas por nodos de cómputo distribuidos con mucha independencia entre ellos y poco grado de interacción, que trabajan de manera conjunta pero no son realmente una única arquitectura. En este tipo de sistemas la interacción entre los nodos se produce mediante el paso de mensajes, lo que suele permitir comunicaciones tanto síncronas como asíncrona [51]

En un clúster los nodos son homogéneos (mismas características hardware y software) o casi, mientras que en el caso de un Grid los nodos suelen ser completamente heterogéneos.

Mientras que en un cluster todos los nodos que componen el sistema son propiedad de una misma organización, en el caso de un Grid los nodos suelen tener diferentes propietarios que colaboran compartiendo sus recursos para formar, o bien un grid de datos o bien uno de cómputo (según su objetivo sea el almacenamiento y procesado de grandes conjuntos de información que no podrían manejarse en un único sistema o realizar tareas de cómputo complejas que necesiten distribuir el trabajo entre diferentes nodos de cómputo)[52].

Ilustración 2 Esquema de una arquitectura Grid (Fuente [1])

Hay que tener en cuenta que se trata de sistemas muy dinámicos cuya composición y configuración puede variar en cualquier momento. Por lo tanto, además de los problemas que ya planteaban los clústers, como la falta de imagen de sistema único o la dificultad para un aprovechamiento óptimo de los recursos, aparecen otros nuevos como la gestión de la seguridad de datos, aplicaciones y comunicaciones, la dificultad para la portabilidad de aplicaciones, o la tolerancia a fallos.

La falta de acuerdo en la solución a todos estos aspectos, la dificultad de gestionar de manera fiable entornos con un gran número de usuarios y de proponer esquemas flexibles y altamente escalables para el aprovisionamiento de recursos, así como la ausencia de modelos de facturación transparentes, hicieron que las grandes compañías abandonaran por un tiempo este incipiente modelo de negocio [1].

2.6 Virtualización

bla Si repasamos la definición que hemos hecho del paradigma Cloud, podemos ver cómo los sistemas distribuidos de tipo Grid y las arquitecturas orientadas a servicios posibilitan en gran medida cumplir con los requisitos de este tipo de paradigma. Sin embargo, algunas de sus propiedades como el multi-tenancy o la transparencia en la ubicación de los recursos, todavía necesitan de una tecnología más, la virtualización.[51]

Las técnicas de virtualización se conocen y utilizan desde hace más de 30 años para implementar recursos informáticos aislando unas capas del sistema de otras: hardware, sistema operativo, aplicaciones, datos, redes. La idea es que, si conseguimos este aislamiento, el alcance de cualquier cambio o modificación en

una de las capas es mucho más restringido que en los sistemas tradicionales (no virtualizados) y casi no afecta a las demás. Para conseguirlo es necesario que cada capa tenga unos interfaces estándar con el exterior, de manera que desde fuera siempre se vea de la misma forma.

Se pueden distinguir distintos tipos de virtualización en función de la capa que se abstraiga. Quizás una de las más conocidas sea la virtualización del hardware (o de máquina). En estos casos se utiliza un software para crear una máquina virtual que emule los servicios y capacidades del hardware subyacente (procesamiento, memoria, almacenamiento, comunicaciones). Esto permite ejecutar más de un sistema operativo en un único equipo físico sin necesidad de tener diferentes particiones.

En el caso de Cloud Computing la virtualización de máquina permite que los proveedores ofrezcan una infraestructura deslocalizada a sus clientes, de manera que para ellos la ubicación real de sus recursos sea completamente transparente, y permite también que varias máquinas virtuales asociadas a diferentes usuarios compartan recursos hardware en un único equipo físico. El resto de los tipos de virtualización (almacenamiento, red, etc.) completan en muchos casos a esta.

La virtualización de máquina se basa siempre en un hipervisor, o monitor de máquina virtual, que hace de intermediario entre el hardware de la máquina real (host) y el sistema operativo invitado (guest) instalado sobre la máquina virtual. Es decir, que permita el acceso de este sistema operativo guest al procesador, la memoria, los dispositivos de E/S, el almacenamiento y la red reales.

Pero lo bueno de la virtualización es que estos detalles técnicos sólo interesan a los proveedores Cloud, dado que los clientes manejan instancias de aplicaciones, datos, o máquinas con ciertos sistemas operativos instalados que ellos ven en todo momento como reales y de utilización exclusiva.[1]

3 CAPITULO
DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

3.1 Arquitecturas de referencia multicloud

El proceso de análisis y diseño de la solución arquitectural del modelo se basa en las características técnicas identificadas en la literatura encontrada para soluciones de telemonitoreo basadas en nube [1], se tomaron las decisiones de arquitectura de solución teniendo en cuenta los principales componentes y capacidades técnicas requeridas encontradas en la revisión sistemática sintetizada en el capítulo 2 de este trabajo, se analizaron los servicios ofrecidos por los proveedores de nube AWS, Azure y Google Cloud específicamente para cumplir requerimientos técnicos definidos para una solución de telemonitoreo de signos vitales tales como ingesta de datos [22] ,[23]. procesamiento de información [25], [27]. visualización de datos, [33] ,[35], [38] , autenticación de usuarios, almacenamiento de archivos, definición de puertas de enlace, base de datos, notificaciones, servicios para la creación y publicación del dominio del sitio web, servicios relacionados con la integración de dispositivos IoT, seguridad y roles, monitoreo y control, ejecución de código fuente tipo Serverless [53],[54].

Con base al concepto agnóstico que se maneja en cada proveedor de nube (AWS, Azure, Google Cloud) se plantearon tres modelos de referencia de alto nivel de la solución, las tres soluciones planteadas responden a los atributos de calidad de software para garantizar la capacidad de responder a limitaciones del escalado, seguridad, interoperabilidad y resistencia a los fallos.

A continuación, se presentan las arquitecturas de referencia planteadas:

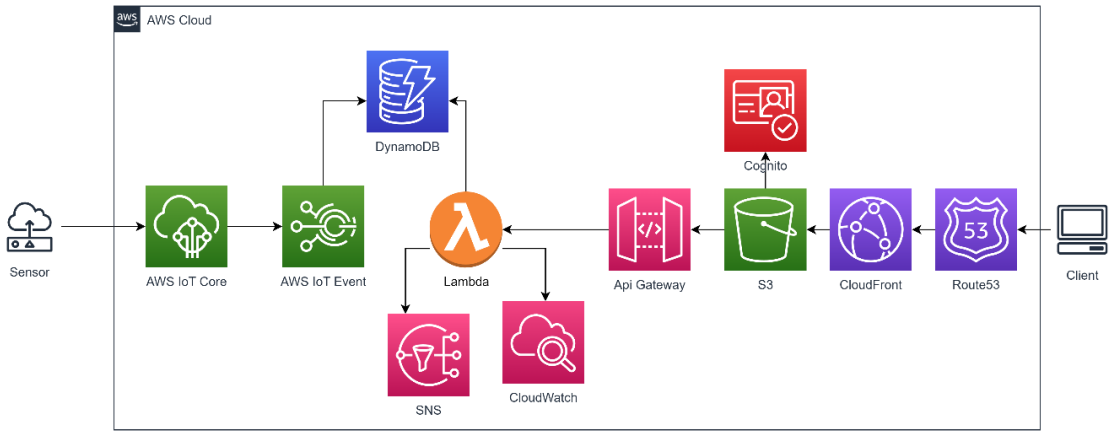


Ilustración 3 Arquitectura de referencia de alto nivel de la solución en AWS (Fuente: elaboración propia)

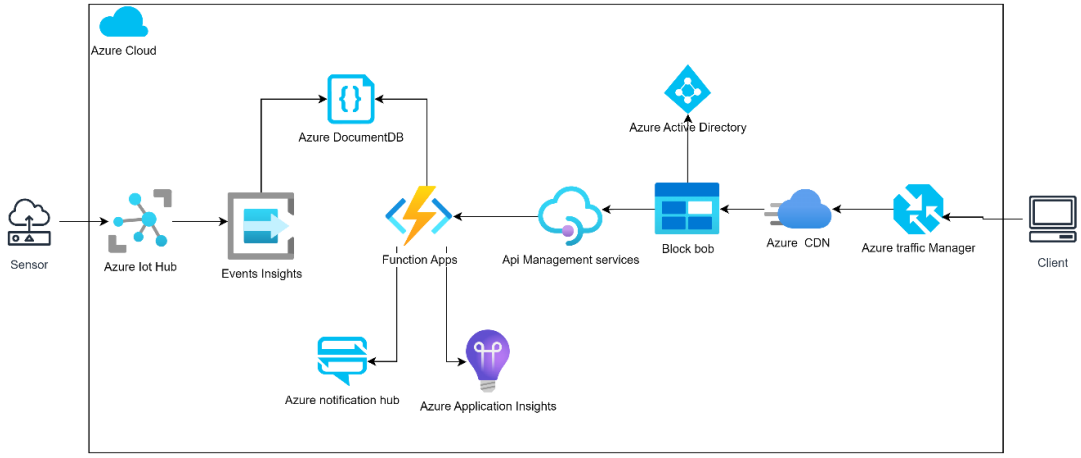


Ilustración 4 Arquitectura de referencia de alto nivel de la solución en Azure (Fuente: elaboración propia)

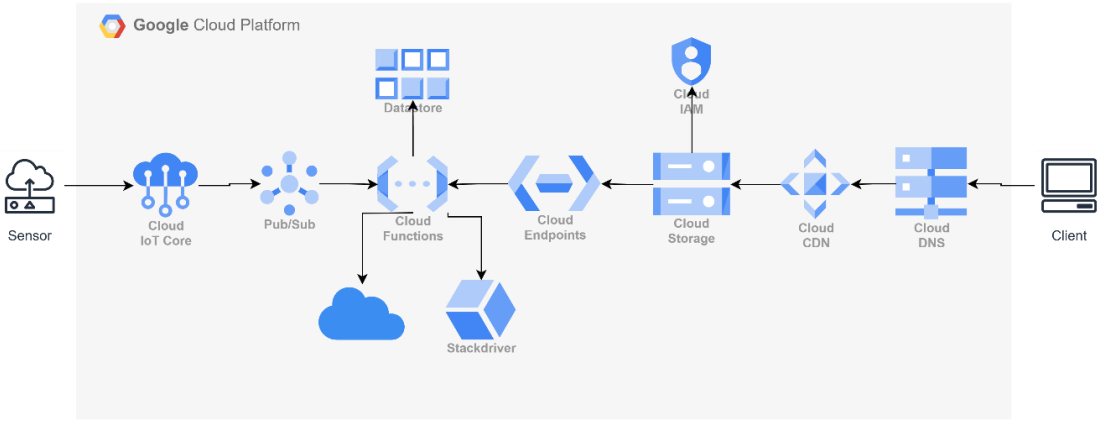


Ilustración 5 Arquitectura de referencia de alto nivel de la solución en Google Cloud (Fuente: elaboración propia)

En la sección 3.2 de este documento se profundizará el desarrollo de la arquitectura de la solución utilizando la nube de AWS.

3.2 Arquitectura de solución en AWS

Es esencial tener en cuenta principios fundamentales de diseño en soluciones para el cuidado de la salud. la resistencia y tolerancia a fallos no siempre se cumple. Además, existen tantos enfoques para la digitalización de registros de atención médica que tener un diseño de referencia que brinde experiencia y línea base en la implementación de este tipo de soluciones es de gran utilidad, se presenta el diseño de una solución moderna innovadora y totalmente Serverless.

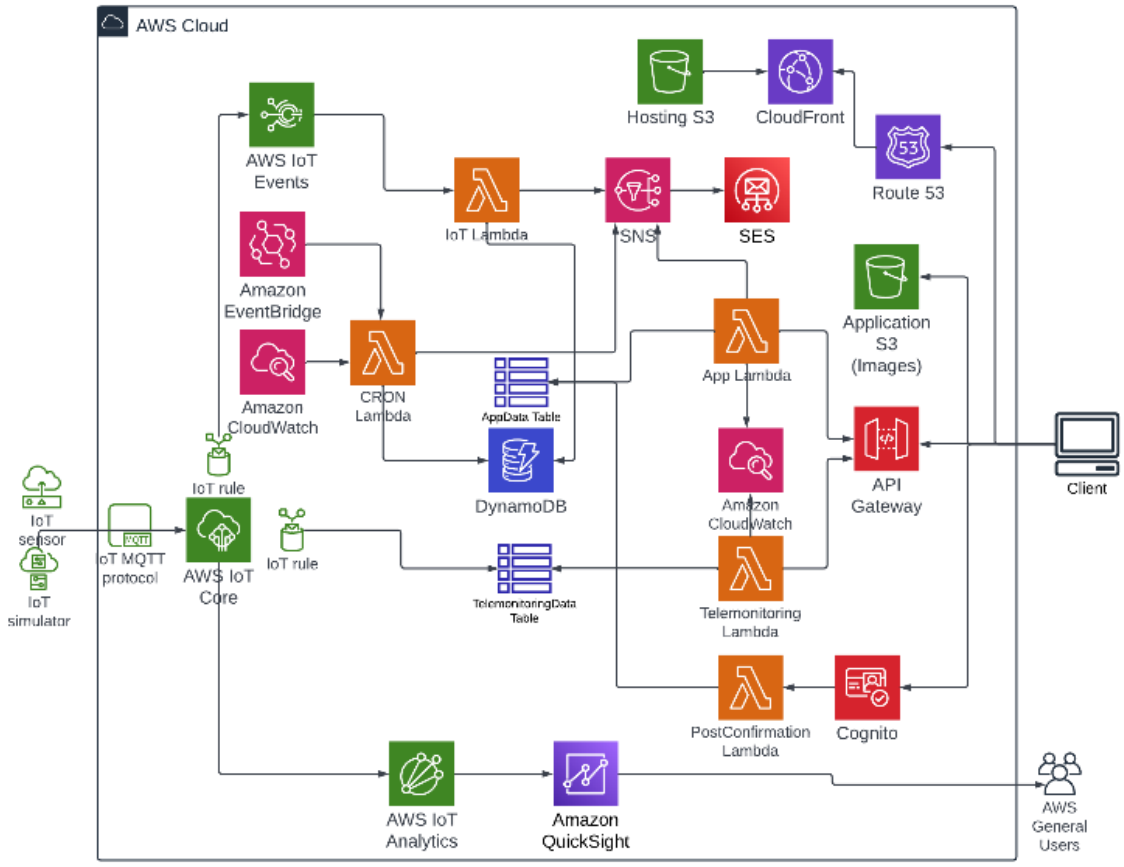


Ilustración 6 Arquitectura de solución propuesta en AWS (Fuente: elaboración propia)

La solución se planteó teniendo en cuenta las capacidades implícitas a soluciones de telemonitoreo para ingesta y procesamiento de datos, visualización y análisis de resultados, almacenamiento y persistencia de archivos, autenticación y autorización, monitoreo y notificación, eventos y reglas, entrega de contenido y registro de dominio.

La elasticidad y dinamismo de los recursos deben poder reservarse y liberarse según las necesidades de los clientes en cada momento. De hecho, para el cliente debe ser como si pudiera escalar hasta cantidades de recursos prácticamente ilimitadas y en tiempo real, Además, esta característica también debe entenderse como una incorporación casi automática de nuevas tecnologías, basándose en la entrega de valor de los proveedores de nube quienes ofrecen a sus clientes siempre las últimas innovaciones de sus servicios, a continuación, se brinda una descripción detallada de cada servicio y como es aplicado en el diseño propuesto.

S3: se utiliza como servicio de almacenamiento multipropósito este permite guardar y recuperar archivos con grandes ventajas como su fácil uso, seguridad, disponibilidad, costes y escalabilidad y cuenta con una gran variedad de opciones de transferencia de datos

- **S3 Images**: definido para la recuperación de imágenes correspondientes a los perfiles creados dentro del sistema, se establece como resguardo de imágenes a nivel de integridad y confidencialidad de estas proporcionando privacidad y seguridad.
- **S3 hosting**: definido para el almacenamiento y recuperación de los recursos del sitio web estático, se establece como resguardo de archivos tipo (.json, .ico , .html, .png, .txt) proporciona integridad y confidencialidad de los mismos proporcionando privacidad y seguridad de extremo a extremo.

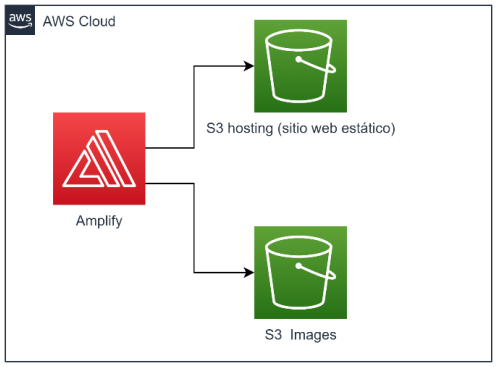


Ilustración 7 Integración servicios S3 con Amplify (Fuente: elaboración propia)

AWS IOT Core: Es un servicio de nube gestionado que permite a los dispositivos conectados interactuar de forma segura con las aplicaciones en la nube, este ofrece alternativas para que los dispositivos (sensores) se conecten de manera sencilla realizando un intercambio de certificados tipo X.509 que proporciona a “AWS IoT Core” la capacidad de autenticar las conexiones de clientes con el protocolo de mensajeria MQTT y aplicando el estilo arquitectónico publicador/suscriptor.

En la siguiente imagen se puede observar gráficamente la integración de los servicios utilizados:

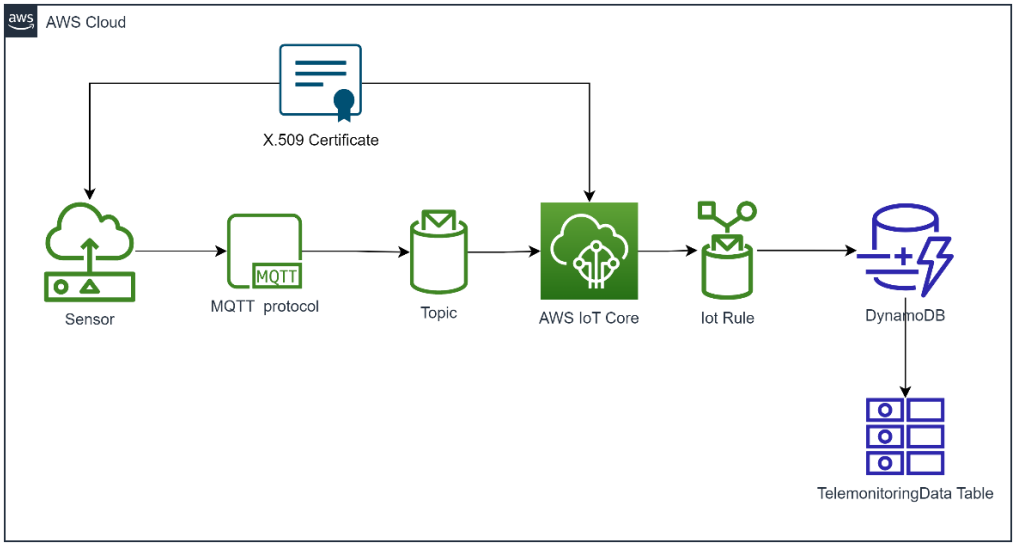


Ilustración 8 Integración servicio AWS IoT Core basado en estilo arquitectónico Publicador suscriptor (Fuente: elaboración propia)

Los tópicos permiten sincronizar los dispositivos/sensores y con base en las reglas definidas se realiza la ingesta de la serie de datos de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca, estas se almacenan sobre la base de datos de DynamoDB tabla TelemonitoringData para su posterior análisis.

Esta integración soporta la capacidad de telemonitoreo en tiempo real desde el momento que los sensores son activados y sincronizados, automáticamente se procede a realizar la lectura de datos e ingesta de datos los cuales pueden ser visualizados de manera simultánea desde la aplicación web estática.

AWS IOT Events: permite monitorear dispositivos/sensores para activar acciones cuando se produzcan los estos eventos configurados. AWS IoT Events observa continuamente los datos de los sensores para identificar eventos importantes y así poder tomar acciones, el propósito especifico es invocar la función Iot lambda que soporta la lógica para consultar datos del perfil de usuarios en la base datos de DynamoDB e invocar el llamado al servicio SNS para realizar el envío de notificaciones personalizadas, en la siguiente imagen se puede observar gráficamente la integración de los servicios utilizados:

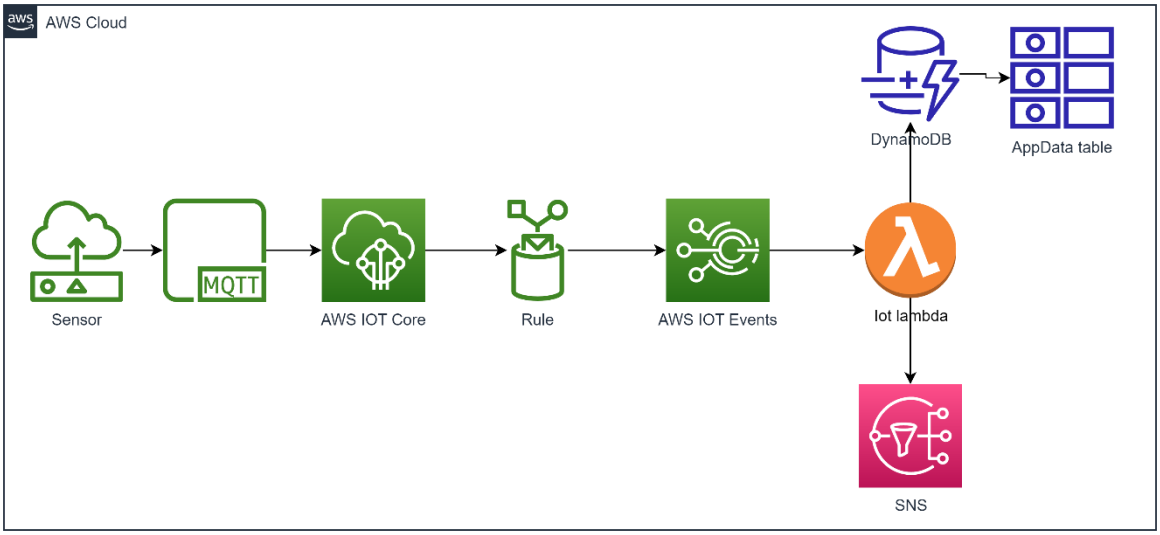


Ilustración 9 Integración servicio AWS IoT Events para ingesta de datos y envió de notificaciones (Fuente: elaboración propia)

DynamoDB: es un servicio de base de datos NoSQL completamente administrado que proporciona un rendimiento rápido y predecible con una escalabilidad perfecta, el servicio tiene la responsabilidad de almacenar y recuperar datos en las tablas definidas

- **TelemonitoringData**: tabla de almacenamiento y de recuperación, se registran series de datos de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca están identificadas por id del dispositivo (sensor) que realizo la captura de datos.

- **appData**: tabla de almacenamiento y de recuperación, se registran datos relacionados con la administración de usuarios, información complementaria al perfil de usuarios.

Lambda: se implementa por su versatilidad para la creación de aplicaciones sin aprovisionar ni administrar servidores, es posible integrarla junto a diversas soluciones de AWS para el diseño se configuraron las siguientes funciones con una responsabilidad y propósito especifico:

- **Telemonitoring Lambda**: es una función encargada de realizar la lectura de las series de datos registradas en la base de datos de Dynamo sobre la tabla TelemonitoringData, estas series de datos corresponden a los signos vitales (saturación de Oxígeno y Frecuencia Cardiaca).
- **PostConfirmation Lambda**: es una función encargada de terminar el registro de información de los usuarios, esta es invocada por el servicio de Cognito, su responsabilidad es reunir los datos complementarios de los usuarios y almacenarlos en la tabla AppData.

En la siguiente imagen se puede observar gráficamente la integración de los servicios utilizados

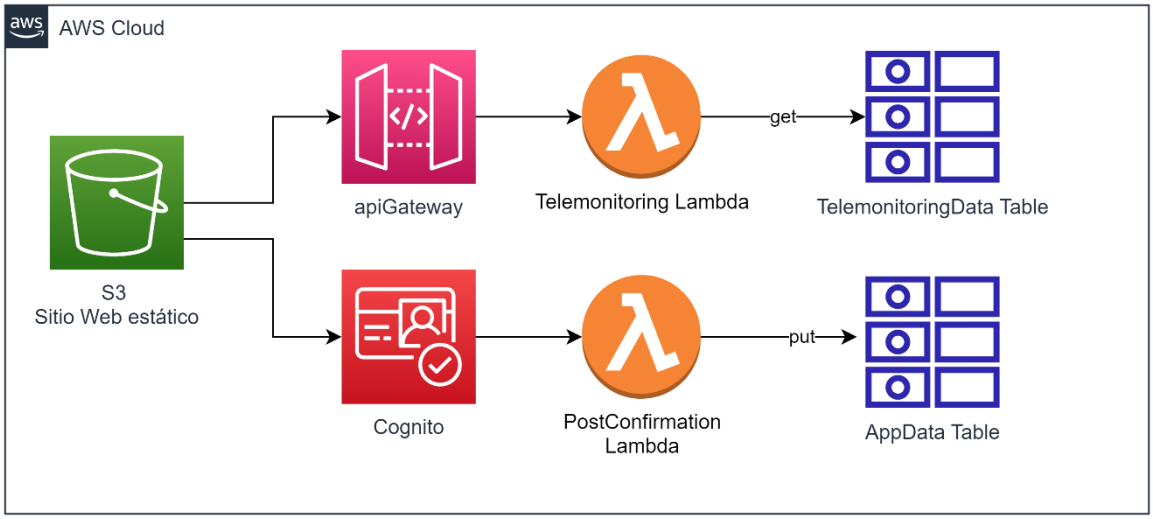


Ilustración 10 Integración servicios Lambda para telemonitoreo Manual (Fuente: elaboración propia)

- **IOT Lambda:** es una función implementada para realizar él envió de notificaciones vía SMS en función de los eventos configurados en el servicio AWS IoT Events.
- **CROM Lambda**: es una función que se encarga de notificar diariamente el estado de salud de los pacientes soportada bajo un mecanismo de eventos configurables en el servicio Amazon EventBridge.

En la siguiente imagen observar gráficamente la integración de los servicios utilizados

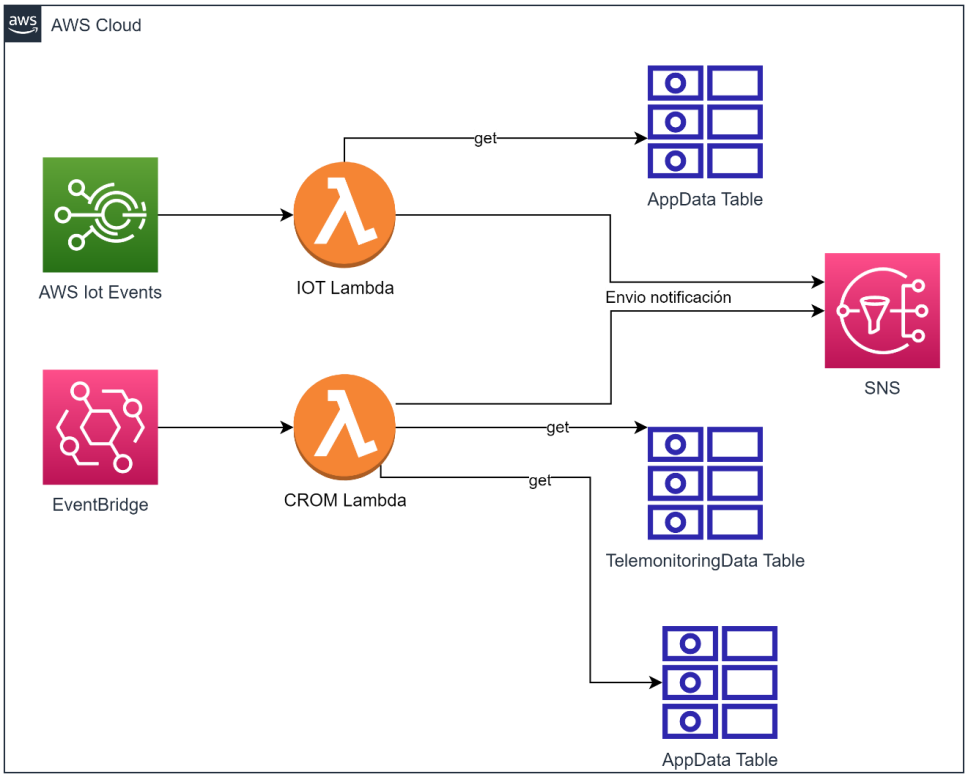


Ilustración 11 Integración servicios Lambda para telemonitoreo Automático (Fuente: elaboración propia)

Amazon EventBridge: es un servicio sin servidor que utiliza eventos para conectar los componentes de la aplicación, lo que facilita la creación de aplicaciones escalables basadas en eventos. proporciona una forma sencilla y coherente de incorporar, filtrar, transformar y distribuir eventos en el diseño se utiliza para

configurar las acciones sobre la función CRON lambda encargada de disparar la ejecución de generación de informes de monitoreo de constantes vitales.

ApiGateway: se utiliza como mecanismo para el acceso a servicios de back-end en el diseño es utilizado para optimizar la comunicación entre los clientes externos y sus servicios de back-end. El diseño proporciona un proxy inverso para redirigir o enrutar solicitudes a los endpoint de microservicios internos establecidos en las funciones App lambda y Telemonitoring lambda.

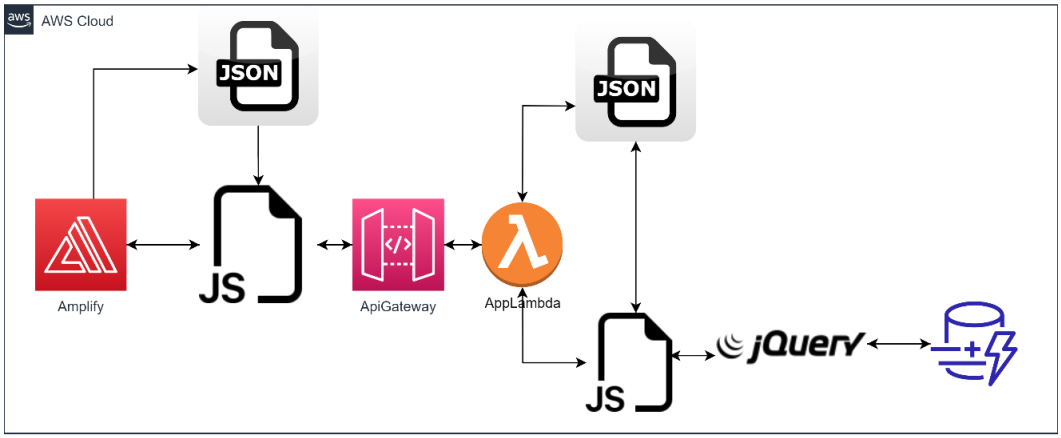


Ilustración 12 Integración Proxy Inverso para comunicación entre capas del sistema (Fuente: elaboración propia)

Cognito: Se establece como proveedor de autenticación completamente administrado por AWS, permite el registro, la verificación y autorización, se utiliza como administrador de usuarios para la aplicación web (sitio web estático). Los usuarios pueden iniciar sesión directamente con un nombre de usuario y una contraseña autenticándose con cualquiera de los dos perfiles definidos en la aplicación (Pacientes y Doctores).

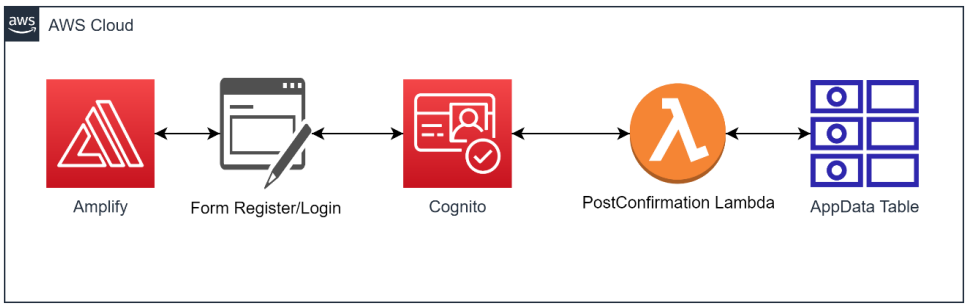


Ilustración 13 Integración servicio Cognito para administración de accesos del sistema (Fuente: elaboración propia)

SNS: es un servicio administrado con el que se ofrece la entrega de mensajes de los publicadores a los suscriptores (también conocido como productores y consumidores). Los publicadores se comunican de forma asíncrona con los suscriptores mediante el envío mensajes a un tema, que es un punto de acceso lógico y un canal de comunicación. La responsabilidad de esta capacidad resuelve la entrega de mensajes vía SMS a los teléfonos celulares registrados en la aplicación con el fin de mantener informado a los usuarios de novedades y cambios sobre los registros de la aplicación.

Amazon CloudWatch: es un servicio administrado que recopila y visualiza los registros, las métricas y los datos de evento en tiempo real en paneles automatizados para simplificar la infraestructura y el mantenimiento de aplicaciones, su función en el diseño es prestar servicio en el proceso de auditoría y log transaccional.

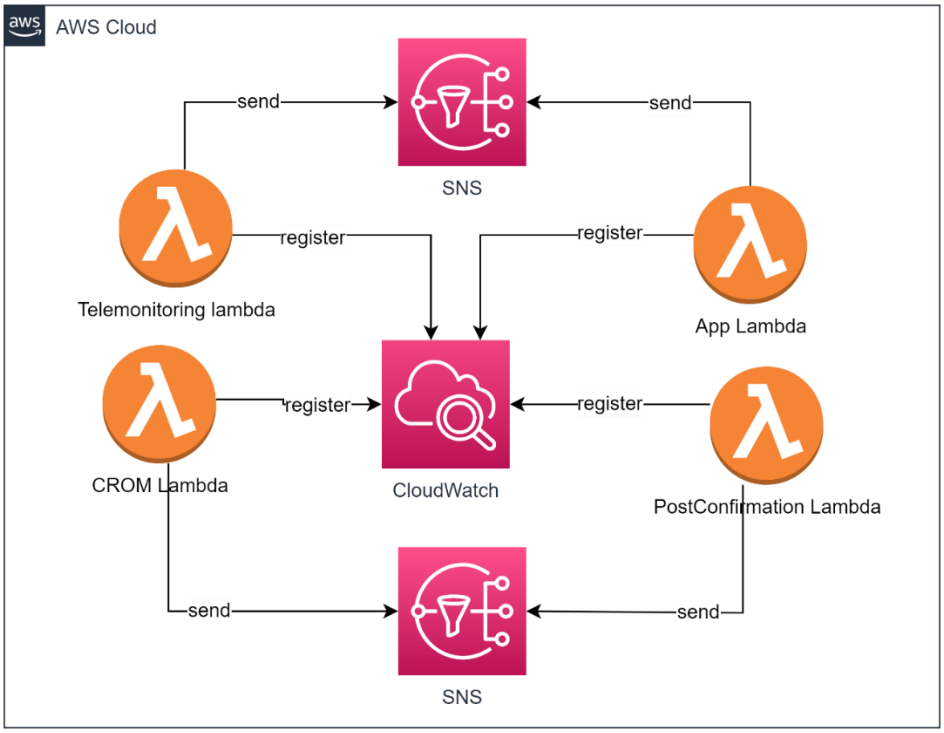


Ilustración 14 Integración servicios SNS y CloudWatch (Fuente: elaboración propia)

CloudFront: se estable como el servicio de red para la entrega de contenido con el fin de ofrecer un alto rendimiento a nivel global, aprovechar la red global de AWS que conecta las ubicaciones periféricas de AWS con las regiones de AWS. mover el tráfico de red a lo largo de la red de AWS reduce la latencia y mejora la posición de seguridad de su aplicación.

Route53: se establece como una forma efectiva para realizar la entrega de solicitudes de los usuarios con la infraestructura de aplicación dirigiendo el tráfico a los recursos de AWS través del registro DNS.

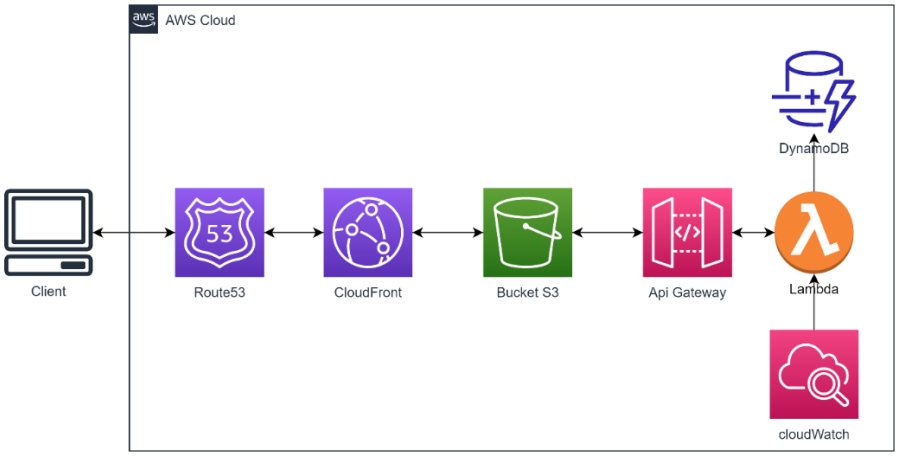


Ilustración 15 Integración servicios Route53 para publicación y CloudFront para redireccionamiento de tráfico (Fuente: elaboración propia)

AWS IOT Analytics: filtra, transforma y enriquece los datos de IoT antes de almacenarlos en un almacén de datos de series temporales para su análisis con Amazon QuickSight: un servicio de inteligencia empresarial (BI) los responsables de la toma de decisiones la oportunidad de explorar e interpretar la información en un entorno visual interactivo.

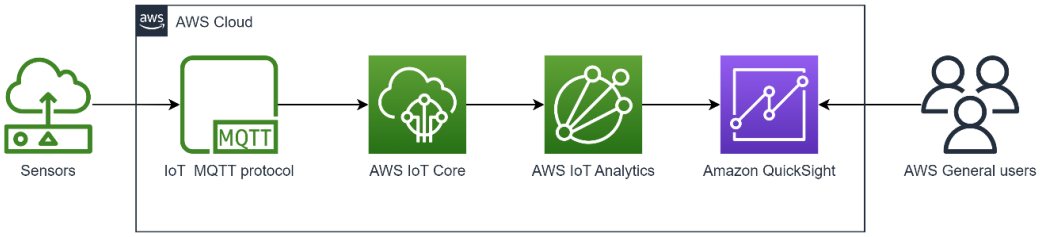


Ilustración 16 Integración servicios AWS IoT Analytics y Amazon QuickSight para BI BA (Fuente: elaboración propia)

4 CAPITULO
DISEÑO DEL PROTOTIPO

4.1 Caracterización y funcionalidades

El producto de software final es un sistema web que contará con cinco módulos que agrupan funcionalidades por afinidad, de esta manera se simplifica la comprensión del funcionamiento del sistema, A continuación, se describen los módulos que conforman el prototipo de telemonitoreo de signos vitales en tiempo real.

Tabla 2 Matriz de módulos del sistema

Matriz de módulos	
Módulo	**Descripción**
Módulo de creación cuenta	Modulo que contiene funcionalidad para realizar el proceso de registro en la aplicación basado en dos tipos de rol paciente y doctor.
Acceso al sistema	Módulo que contiene las funcionalidades para que un usuario ingrese al sistema, agrupando las funcionalidades básicas para proporcionar autenticación y autorización, así como la recuperación de contraseñas
Módulo de Telemonitoreo	Módulo que contiene las funcionalidades para realizar la gestión y administración de datos de paciente, Esta funcionalidad dispone de tres secciones de propósito especifico clasificadas.
Módulo recomendaciones automáticas	Módulo que contiene las funcionalidades para realizar la generación de un informe consolidado de telemonitoreo de signos vitales basado en un filtro por rango de fechas.
Módulo tablero de control pacientes	Módulo que permite a los usuarios con rol “Doctor” tener una visual de los pacientes asignados para su atención, bajo esta funcionalidad se puede llevar a cabo un seguimiento según el nivel de criticidad basado en la paleta de colores establecida (Critico=Rojo, Moderado=Naranja, Normal=Verde)

El acceso a cada módulo será filtrado a nivel de seguridad, para que tengan acceso únicamente quienes deban tenerlo, bajo el principio del mejor privilegio posible. A continuación, se describen los roles del sistema.

Tabla 3 Matriz de Roles del sistema

Matriz de roles	
Rol	**Descripción**
Doctor	Rol con privilegios de acceso y uso a los módulos y funcionalidades de registro, acceso al sistema, telemonitoreo, recomendaciones automáticas, tablero de control pacientes.
Paciente	Rol con privilegios de acceso y uso a los módulos y funcionalidades de registro, acceso al sistema, telemonitoreo, recomendaciones automáticas, administración de datos del paciente

4.2 Premisas de diseño no funcionales

El sistema se construyó haciendo bajo una arquitectura Serverless donde se implementó el uso de servicios de la nube de aws tales como; lambda, API Gateway, DynamoDB, Cognito, SNS, AWS Iot Core, S3, CloudFront, route53, CloudWatch con lo cual es posible su ejecución sobre una infraestructura multicloud. El sistema se basa en una arquitectura de capas y aplica el estilo arquitectónico orientado a servicios para las necesidades de comunicación entre capas, La siguiente ilustración describe la solución general a alto nivel:

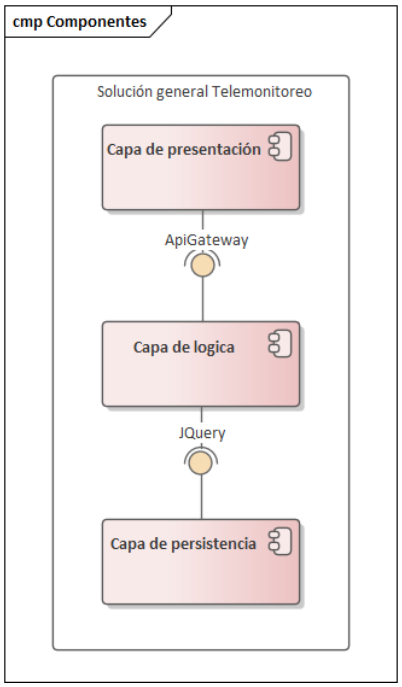


Ilustración 17 Arquitectura simplificada de alto nivel (Fuente: elaboración propia)

4.3 Interfaces de usuario

El sistema cuenta con interfaces de usuario enriquecidas escritas en JavaScript haciendo uso de la librería de componentes extendidos para mejorar la experiencia de usuario final. Se implementa bajo Amplify que es un entorno sencillo para crear e implementar una aplicación completa con rapidez, incluidos la IU de front-end y el back-end, con lo anterior se logra aportar los siguientes atributos y características:

- Facilidad de construcción de interfaces
- Alta reusabilidad de componentes
- Componentes extensibles
- Compatibilidad con tecnologías Multicloud

4.4 Requerimientos de persistencia

El almacenamiento persistente de información para el sistema *prototipo de monitoreo de signos vitales* se aborda en la capa de persistencia mediante la implementación de una base de datos no relacional, creada sobre el servicio DynamoDB.

Para resolver la comunicación entre la capa de negocio y la de persistencia se uso Mensajeria JSON, JQuery, cada conexión se mapea a un único origen de datos.

Para efectos de desarrollo se utilizó Amplify en las especificaciones establecidas por el proveedor de nube de AWS, con lo cual se simplifica el acceso a persistencia realizando un manejo a alto nivel de entidades mediante la ejecución de instrucciones JQuery y sentencias nativas.

4.5 Requerimientos funcionales

En consecuencia, se realiza un análisis de requerimientos donde se caracterizaron 14 requerimientos funcionales, estas características se describen a continuación en lenguaje natural y alto nivel para establecer las premisas del producto de software:

Tabla 4 Requerimiento funcionales del sistema

Requerimientos funcionales		
Código	**Requerimiento**	**Descripción**
RF01	Iniciar aplicación	Se proveerá un sistema web que cargará una interfaz inicial predefinida, cuando un usuario ingrese la URL acordada en un navegador de internet
RF02	Iniciar sesión	Un usuario registrado podrá ingresar un nombre de usuario y una contraseña, luego el sistema validara los datos ingresados y permitirá o negara el ingreso al sistema
RF03	Recuperar contraseña	Un usuario registrado podrá ingresar su nombre de usuario y el sistema le enviará un correo recordándole su contraseña
RF04	Cerrar sesión	Un usuario podrá seleccionar una opción de cerrar sesión y el sistema cerrará los módulos activos
RF05	Creación cuenta	Un usuario del sistema podrá registrarse para que pueda hacer uso del sistema, y se encarga de asignarle un rol, los registros nuevos estarán activos por defecto
RF06	Actualizar cuenta	Un usuario con rol paciente del sistema podrá actualizar la información de un usuario registrado, esto incluye su información del perfil y la selección del médico tratante, con lo cual en esta funcionalidad se enviará una notificación vía SMS al doctor seleccionado
RF07	Listar pacientes asignados	rol “Doctor” tener una visual de los pacientes asignados para su atención, bajo esta funcionalidad se puede llevar a cabo un seguimiento según el nivel de criticidad basado en la paleta de colores establecida (Alto=Rojo, Medio=Naranja, Bajo=Verde)
RF08	Visualizar datos pacientes	Un usuario del sistema podrá visualizar la información de perfil registrada del paciente.
RF09	Asignar dispositivos Iot	Un usuario del sistema puede asignar y liberar dispositivos IoT, es necesario su asignación para la ingesta de datos
RF10	Visualizar Signos vitales	Un usuario del sistema puede visualizar la lectura de sus signos vitales mediante la lectura de datos por una gráfica en tiempo real.

RF11	Visualizar ubicación geográfica	Un usuario del sistema puede visualizar la ubicación geográfica donde se encuentra ubicado.
RF12	Generar informe manual de telemonitoreo	Un usuario del sistema puede generar un informe manual para conocer estado de salud según la lectura de signos vitales, se puede generar un informe con sus recomendaciones y grafica del rango de signos vital monitoreado.
RF13	Notificar asignación paciente a doctor	Un usuario del sistema con Rol Doctor debe ser notificado vía SMS cuando un paciente solicite su atención.
RF14	Notificación diaria de telemonitoreo	Un usuario del sistema con Rol Paciente debe ser notificado vía SMS de forma diaria con un informe consolidado de la lectura de signos vitales

4.6 Diagrama general de actores

A continuación, se presenta el diagrama general de los actores que interactúan con el sistema:

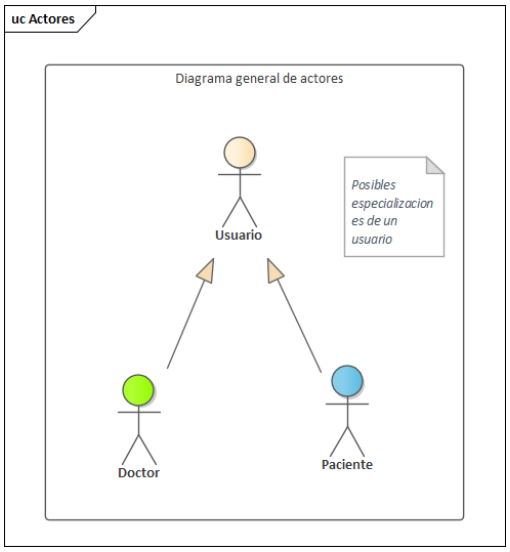


Ilustración 18 Diagrama general de actores del sistema (Fuente: elaboración propia)

El actor usuario representa la generalidad de todos los actores, por lo cual en los diagramas de caso de uso cuando se indica que accede a una funcionalidad, se está indicando que cualquier usuario sin importan su especificación tiene acceso.

4.7 Casos de uso

Para satisfacer los requerimientos expresados en el planteamiento del prototipo y luego de un análisis estricto del mismo se candidatizan los 14 casos de uso los cuales se categorizan por tipo y módulo a continuación:

Tabla 5 Matriz de casos de uso del sistema

Matriz de casos de uso			
Código CoU	**Nombre CoU**	**Tipo**	**Módulo**
COU01	Iniciar aplicación	Primario	Acceso al sistema
COU02	Iniciar sesión	Primario	Acceso al sistema
COU03	Recuperar contraseña	Opcional	Acceso al sistema
COU04	Cerrar sesión	Opcional	Acceso al sistema
COU05	Registrar usuario	Primario	Creación cuenta
COU06	Actualizar usuario	Primario	Creación cuenta
COU07	Listar pacientes asignados	Segundario	Controles pacientes
COU08	Visualizar datos pacientes	Primario	Telemonitoreo
COU09	Asignar dispositivos Iot	Primario	Telemonitoreo
COU10	Visualizar Signos vitales	Primario	Telemonitoreo
COU11	Visualizar ubicación geográfica	Primario	Telemonitoreo
COU12	Generar informe manual de telemonitoreo	Primario	Recomendaciones automáticas
COU13	Notificar asignación paciente a doctor	Primario	Creación cuenta
COU14	Notificación diaria de telemonitoreo	Primario	Telemonitoreo

4.8 Diagrama de casos de uso por módulos

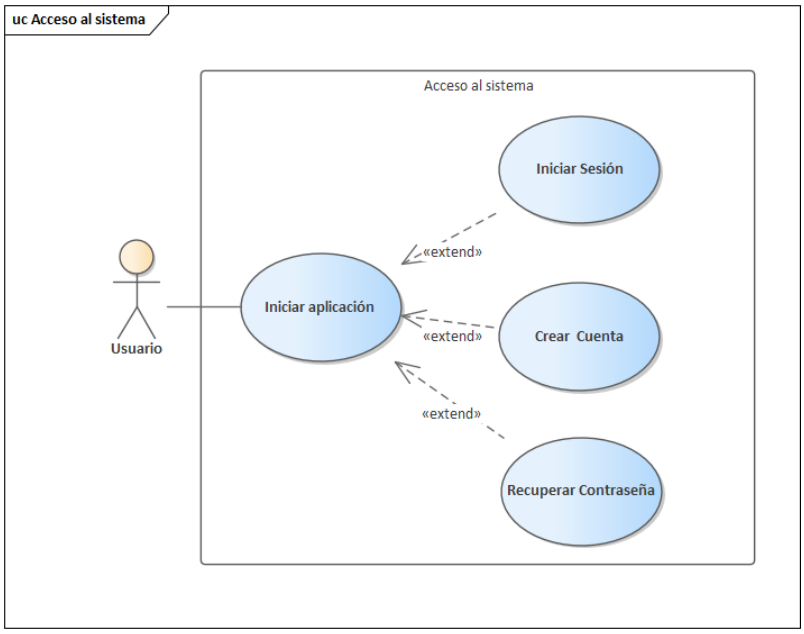


Ilustración 19 Diagrama de caso de uso de Acceso al sistema (Fuente: elaboración propia)

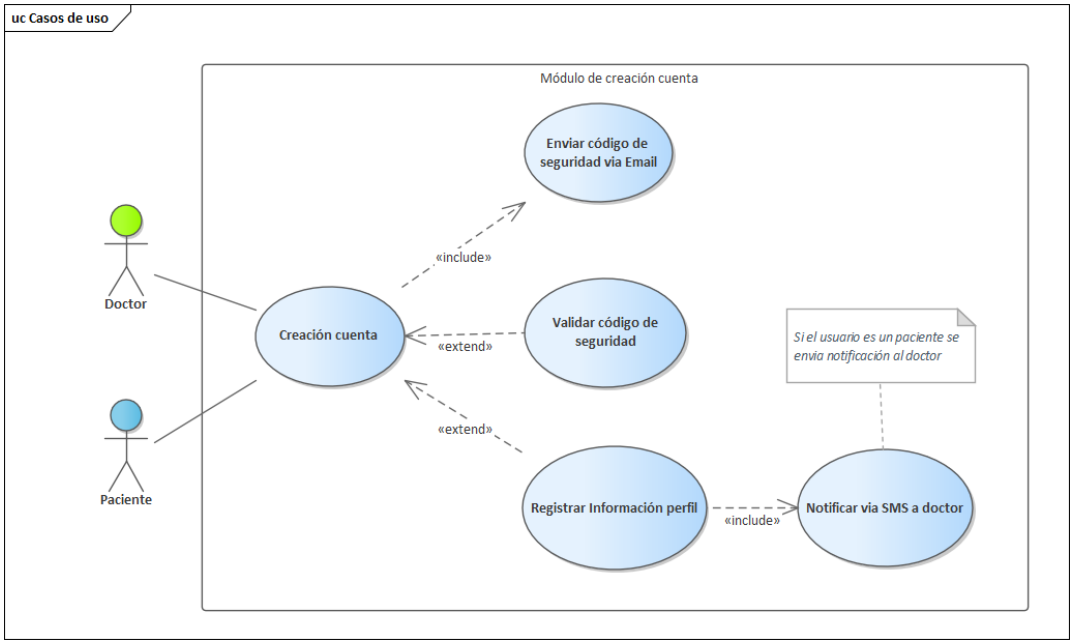


Ilustración 20 Diagrama de caso de uso módulo de creación de cuenta (Fuente: elaboración propia)

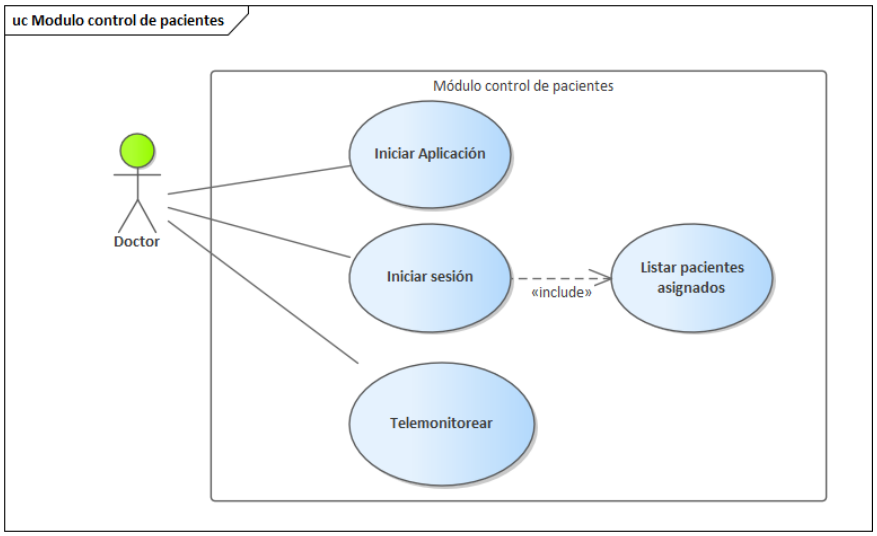


Ilustración 21 Diagrama de caso de uso módulo de control pacientes (Fuente: elaboración propia)

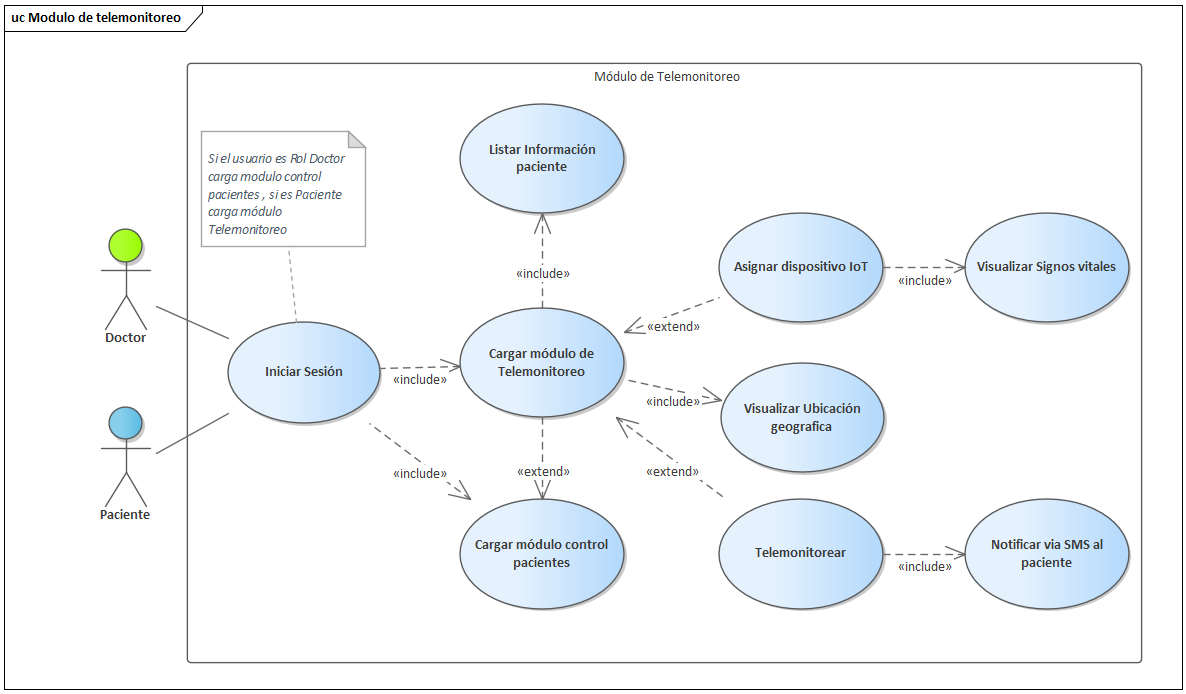


Ilustración 22 Diagrama de caso de uso modulo telemonitoreo (Fuente: elaboración propia)

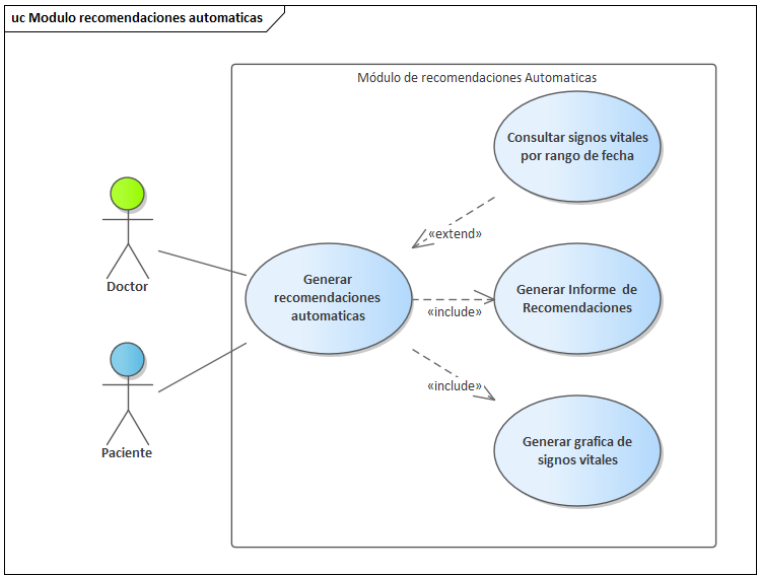


Ilustración 23 Diagrama de caso de uso recomendaciones automáticas (Fuente: elaboración propia)

4.9 Planificación de los sprint

Para facilitar el entendimiento funcional del sistema se proporcionan bocetos generales incluyendo los principales flujos de navegación de las funcionalidades, se definieron cuatro sprint de dos semanas por modulo como se detalla a continuación:

4.9.1 Creación de cuenta (Sprint 1)

La funcionalidad permite realizar la creación de cuenta diligenciando el correo electrónico y confirmando la contraseña con la que ingresara al sistema si el usuario a registrar es rol doctor debe selecciona el campo “Soy Doctor” si es un paciente dejar vacío.

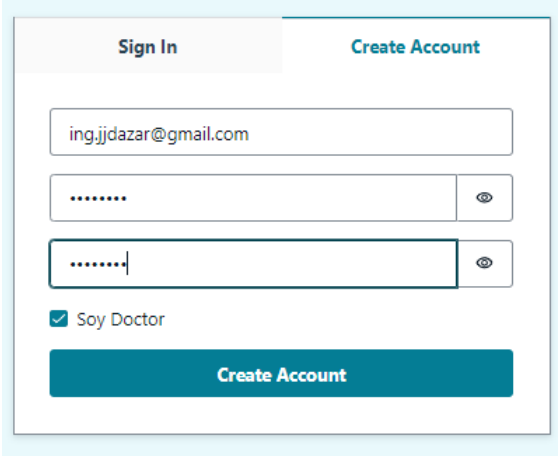


Ilustración 24 funcionalidad creación de cuenta (Fuente: elaboración propia)

Automáticamente se le enviara un código de verificación al correo electrónico suministrado con el fin de garantizar la existencia y verificación del mismo, el código debe ser digitado en el campo de texto habilitado seguido de la acción “Confirm”.

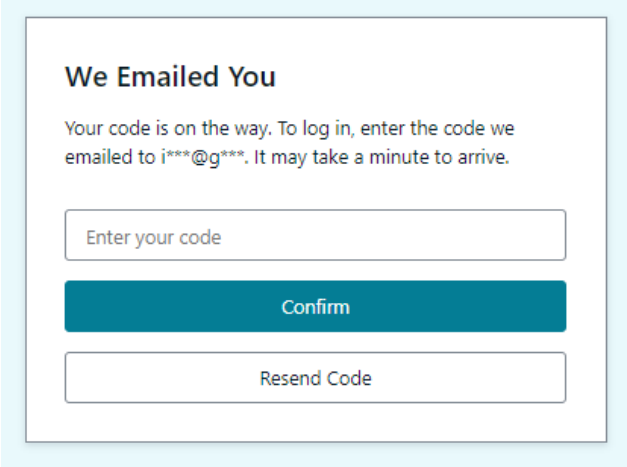


Ilustración 25 funcionalidad validación código de seguridad (Fuente: elaboración propia)

Él envió de la notificación será entregado en la bandeja de correo suministrado para que pueda ser verificado por el usuario, recibirá un correo electrónico con el asunto “Your verification code” este se debe tener presente para continuar con el proceso de registro.

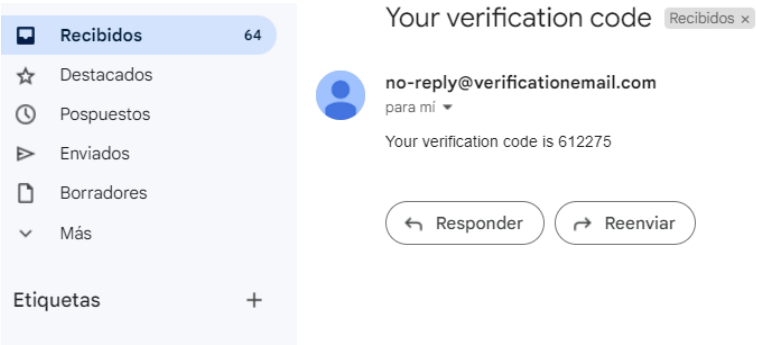


Ilustración 26 Notificación código de seguridad vía Email (Fuente: elaboración propia)

Después de diligenciar el código de verificación se procederá confirmar el código y en caso de éxito la aplicación le permitirá continuar con el proceso de creación de cuenta.

Si el usuario que está en proceso de registro tiene rol “Doctor” se le habilitara un formulario de registro de datos personales que incluye la especialidad del médico tratante, adicionalmente se cuenta con opción para cargar una fotografía personal. el registro se completará inmediatamente el usuario de Click en el botón “Registrar”.

Ilustración 27 Formulario de registro de usuarios con para el Rol Doctor (Fuente: elaboración propia)

Si el usuario tiene el rol de “Paciente” se le habilitara un formulario de registro de datos personales que incluye una sección para diligenciar datos médicos.

Ilustración 28 Formulario de registro de usuarios para el Rol paciente (Fuente: elaboración propia)

En este momento el paciente puede seleccionar un médico tratante de la lista de especialistas disponibles, en cuanto termine el proceso de registro se le notificara vía SMS al Doctor seleccionado indicando que tiene un nuevo paciente a la espera de iniciar con el telemonitoreo.

Ilustración 29 Sección de formulario para registro de datos médicos para rol paciente (Fuente: elaboración propia)

4.9.2 Notificación asignación nuevo paciente a doctor:

Con el fin de ofrecer una experiencia de atención inmediata la aplicación usa un mecanismo de notificación vía SMS, este caso aplica específicamente para escenarios en que los pacientes una vez son registrados en la aplicación solicitan atención medica de un especialista disponible, Los doctores estarán informados si un paciente ha solicitado su servicio, el doctor después de recibir dicha notificación puede iniciar con un telemonitoreo de signos vitales en tiempo real autenticándose en la aplicación e iniciando un diagnóstico y generando la recomendación médica pertinente.

A continuación, se muestra un ejemplo de la estructura de la notificación enviada por la aplicación:

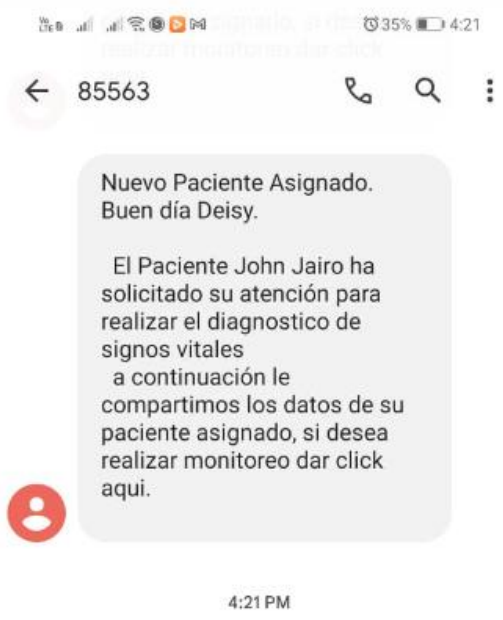


Ilustración 30 Notificación de asignación de paciente vía SMS al Doctor (Fuente: elaboración propia)

4.9.3 Módulo control pacientes (sprint 2)

Haciendo Click en la opción “Inicio” se muestra esta funcionalidad que permite a los usuarios con rol “Doctor” tener una visual de los pacientes asignados para su atención, bajo esta funcionalidad se puede llevar a cabo un seguimiento según el nivel de criticidad identificado por el sistema el cual está basado en la paleta de

colores establecida (Critico=Rojo, Moderado=Naranja, Normal=Verde) , con esta visual el médico tratante puede asignar un orden de atención basado en prioridad según su criterio, los pacientes asignados son listados automáticamente y están identificados con su foto de perfil, nombre y dos indicadores con el promedio de los últimos registro de (latido del corazón y saturación de oxígeno).

En la siguiente imagen se muestra el comportamiento de la aplicación para el caso de un médico que tiene asignado tres pacientes:

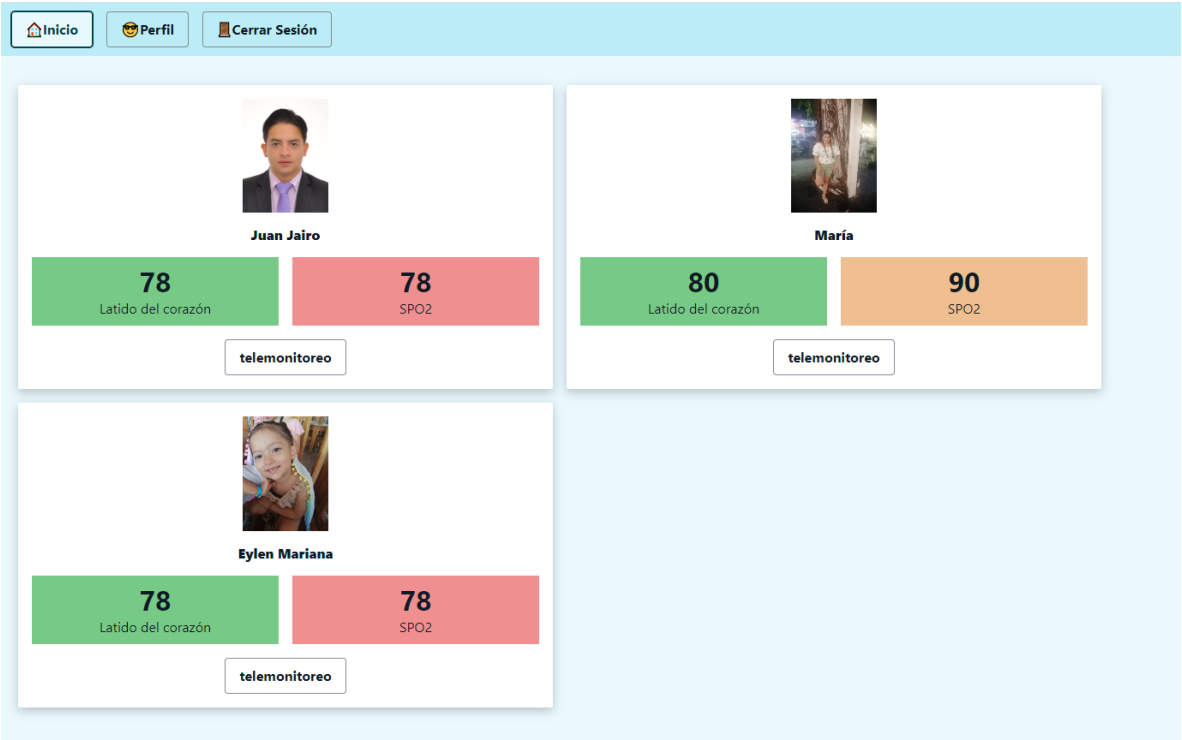


Ilustración 31 Funcionalidad modulo controles pacientes solo disponible al Doctor (Fuente: elaboración propia)

Con el botón “Telemonitoreo” el doctor puede iniciar el proceso de diagnóstico médico basado en la tele monitorización de los signos vitales del paciente la cual se muestra en la siguiente funcionalidad.

4.9.4 Módulo de telemonitoreo (sprint 3):

Esta funcionalidad dispone de tres secciones de propósito especifico clasificadas en:

- Visualización datos del paciente y asignación dispositivos.
- Visualización de la ubicación geográfica del paciente.
- Visualización de constantes vitales en tiempo real.

En la siguiente imagen se visualiza la interfaz diseñada para mostrar los datos personales del paciente en esta sesión la aplicación permite realizar la asignación de un dispositivo IoT disponible en la lista, esto es necesario para iniciar con la lectura de las constantes vitales entregadas por el dispositivo seleccionado.

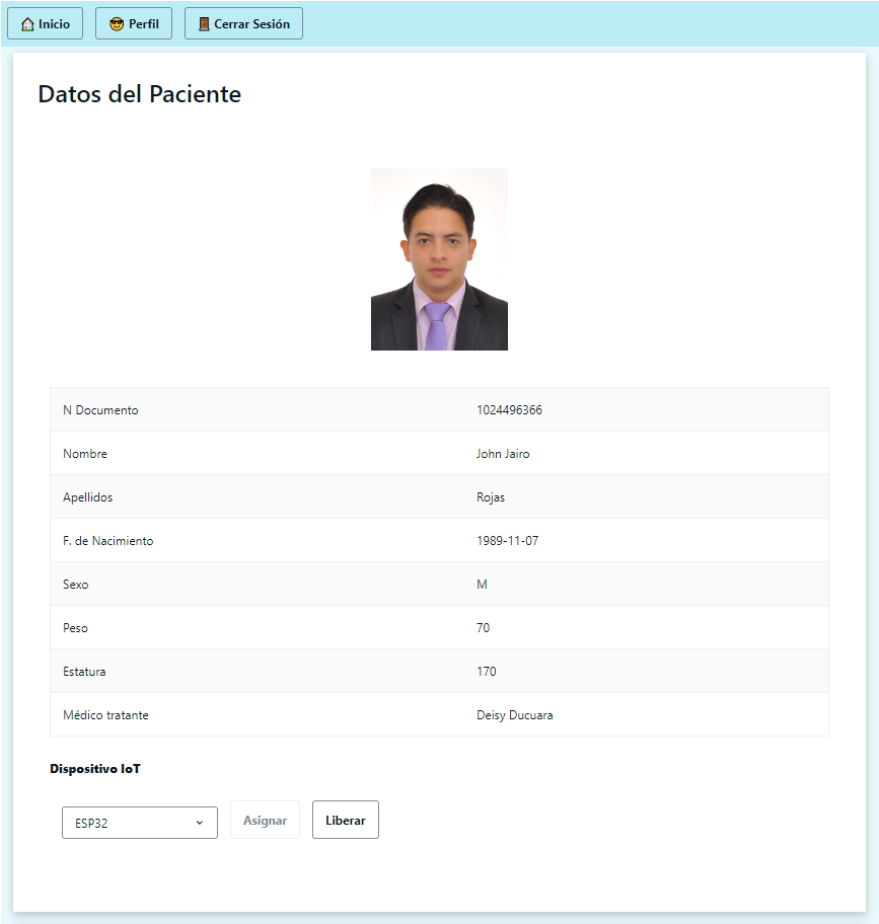


Ilustración 32 Visualización datos del paciente y asignación dispositivos (Fuente: elaboración propia)

En la siguiente imagen se muestra la sección implementada para visualizar la ubicación geográfica del usuario, con esta se puede acceder a la locación geográfica en tiempo real.

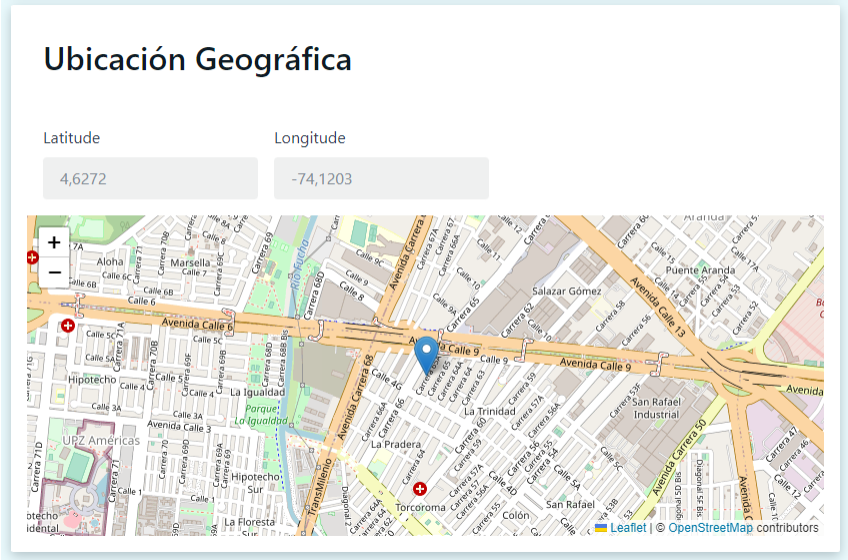


Ilustración 33 Visualización de la ubicación geográfica del paciente (Fuente: elaboración propia)

Después de asignar un dispositivo IoT se activa la lectura de las constantes vitales en la siguiente imagen se muestra la sección implementada para visualizar la lectura de constantes vitales en tiempo real.

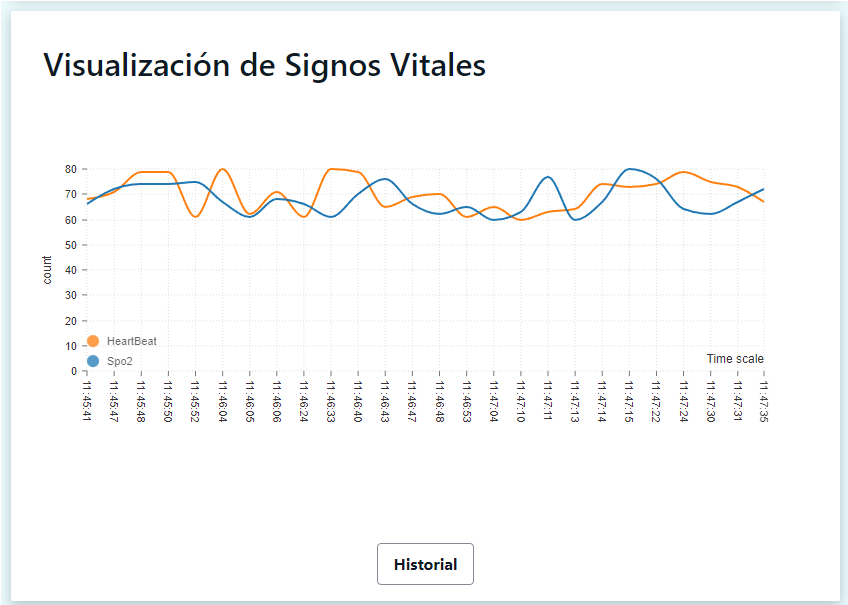


Ilustración 34 Visualización de constantes vitales en tiempo real (Fuente: elaboración propia)

4.9.5 Módulo de recomendaciones automáticas (sprint 4)

Esta funcionalidad permite a pacientes y doctores generar un informe consolidado de constantes vitales, el informe se puede generar indicando el rango de fecha y hora de inicio y fecha y hora fin del periodo que se desea consulta como se muestra en la siguiente imagen

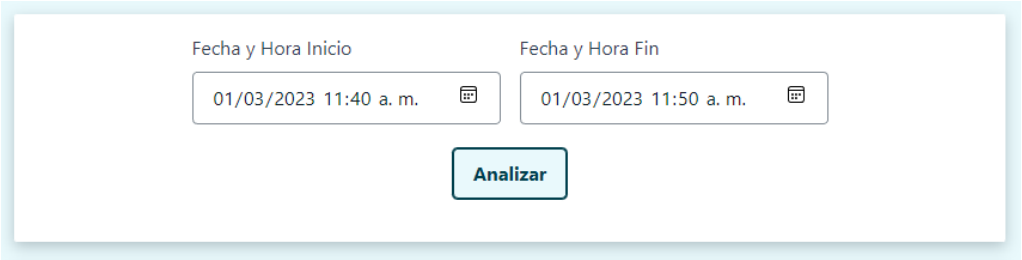


Ilustración 35 Modulo de recomendaciones automáticas sección de filtrado (Fuente: elaboración propia)

Posteriormente se visualizará una informe con el indicador resultante de la lectura y las recomendaciones generadas por el sistema.

INFORME CONSOLIDADO DE TELEMONITOREO DE SIGNOS VITALES

Signo Vital	Valor	Indicador
SPO2	70	Hipoxia Grave
F. Cardiaca	69	Normal

Recomendaciónes:

SPO2 - Es necesario contactar a su médico lo antes posible para identificar los síntomas que indiquen esta disminución, debe adquirir suministro de oxigeno asistido de manera inmediata.

F. Cardiaca - Consumir alimentos ricos en potacio, preparar infusiones naturales o hacer masajes en el pecho pueden ayudar con tu salud.

Ilustración 36 Módulo de recomendaciones automáticas sección Informe (Fuente: elaboración propia)

4.9.6 Notificación automática de telemonitoreo vía SMS

Con el fin de ofrecer una experiencia de atención automática la aplicación usa un mecanismo de notificación vía SMS, este caso aplica específicamente para él envió de informes diarios de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca a pacientes, Los pacientes estarán informados de forma diaria de su estado de salud, el paciente después de recibir dicha notificación puede iniciar con un telemonitoreo de signos vitales en tiempo real autenticándose en la aplicación e iniciando un médica automático.

A continuación, se muestra un ejemplo de la estructura de la notificación enviada por la aplicación:

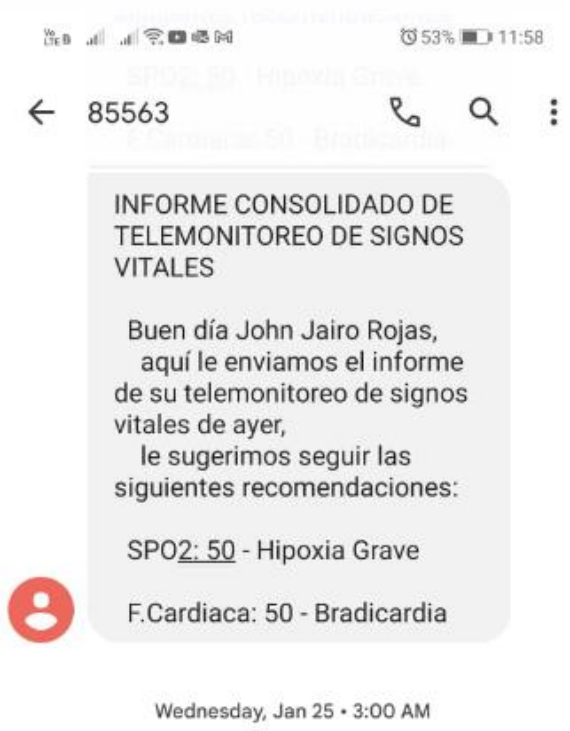


Ilustración 37 Notificación automática de telemonitoreo vía SMS (Fuente: elaboración propia)

4.10 Requerimientos no funcionales

Tabla 6 Requerimientos no funcionales del sistema

CODIGO		
#	**Tipo**	**Descripción**
RNF01	Acceso	El aplicativo tendrá un acceso mediante una url pública donde los usuarios ingresaran, deben contar con un nombre de usuario y contraseña para el acceso a la información
RNF02	Escalabilidad	Se requiere que la herramienta realice gestión de recursos en los eventos en que se requiera escalar la capacidad de infraestructura de la aplicación
RNF03	Seguridad	El tiempo máximo para una sesión Inactiva de un usuario es de 10 minutos dentro de la aplicación
RNF04	Seguridad	Las contraseñas generadas por el aplicativo deben tener una longitud mínima de 8 caracteres, se debe combinar el uso de mayúsculas y minúsculas e incluir al menos un número y un símbolo
RNF05	Seguridad	El acceso a la información también puede controlarse a través de la funcionalidad o rol del usuario que requiere dicho acceso, de acuerdo con los usuarios identificándose como el actor que corresponda
RNF06	Usabilidad	Todos los formularios y catálogos deben ser responsive es decir que permitan su visualización en dispositivos de diferentes tamaños y tipos

5 CAPITULO
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

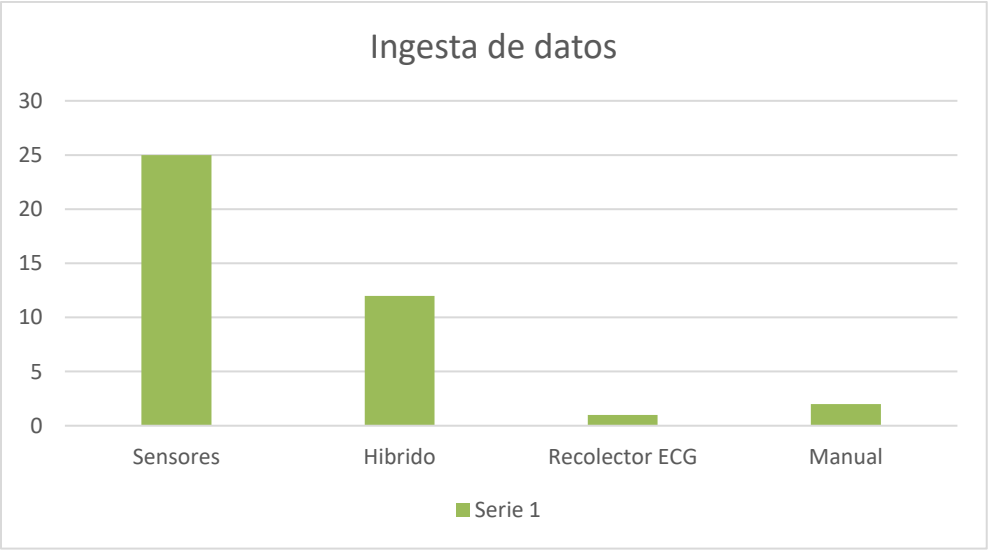
5.1 Resultados revisión sistémica de la literatura

Para la revisión de los resultados se realizó clasificación de acuerdo con las características revisadas en los artículos Ingesta de datos, procesamiento de información, visualización de la información e infraestructura utilizada. de 95 artículos, 40 estudios fueron elegibles para los criterios

5.1.1 Ingesta de datos

En cuanto a ingesta de datos se utilizaron diversos tipos de sensores de bajo costo y en algunos casos integrados a dispositivos como teléfonos celulares, wearables y dispositivos médicos digitales equipados de sensores de propósito especifico (n=25), se identificaron estrategias de carga manual con apoyo de dispositivos médicos digitales (n=1), por medio de recolectores ECG (n= 1) y mecanismos híbridos entre sensores + recolectores ECG + Dispositivos médicos (n=12).

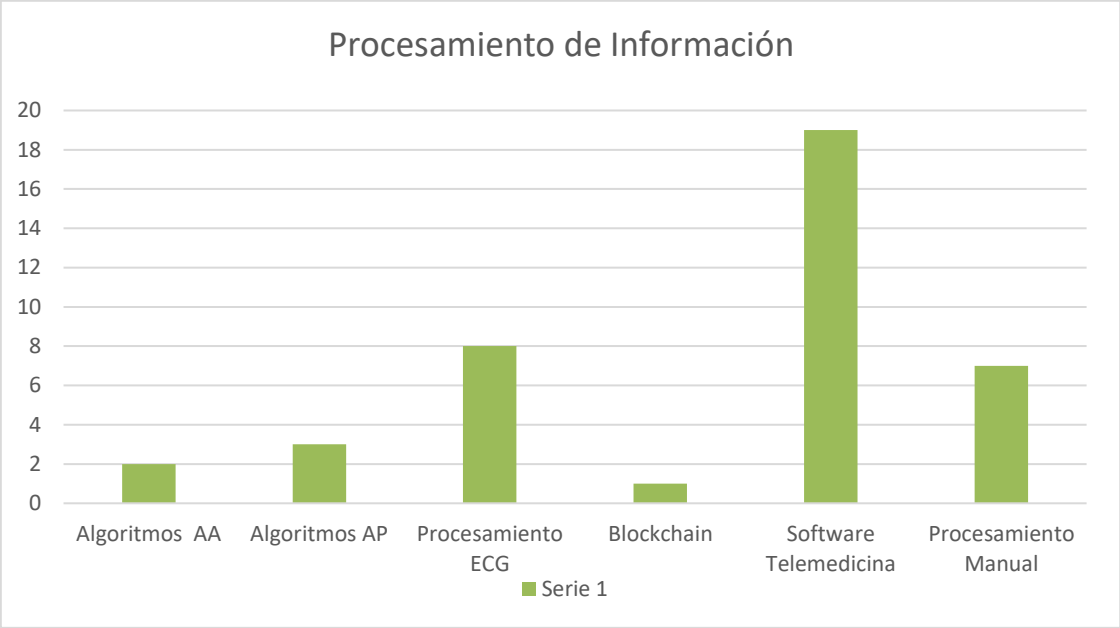
Tabla 7 Distribución grafica artículos donde se indicó mecanismo de ingesta de datos



5.1.2 Procesamiento de la información

A nivel de procesamiento de datos se identificaron diversos mecanismos entre ellos los algoritmos de aprendizaje Automático en (n=2), Algoritmos de aprendizaje profundo en (n=2) , Algoritmos desarrollados a la medida para el procesamiento de señales ECG en (n=8) , el software de telemedicina se encontró en (n=19) , se utilizaron tecnologías blockchain en (n=1), si bien en la mayoría de los estudios se utilizaron estrategias avanzadas de procesamiento datos aun así se registraron casos de procesamientos y cálculos manuales (n=7).

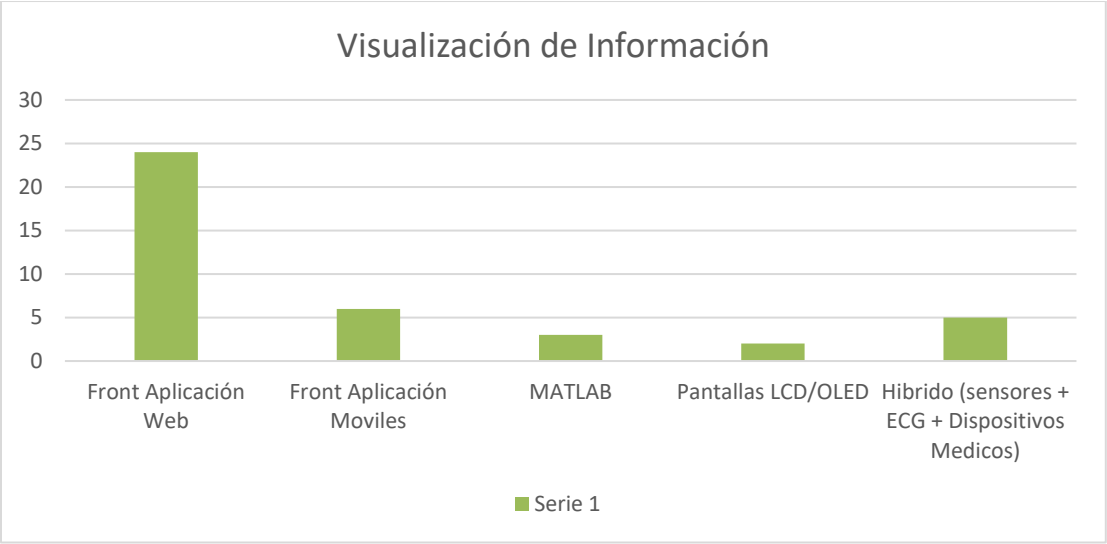
Tabla 8 Distribución grafica artículos donde se indicó tipos de procesamiento de datos



5.1.3 Visualización de la información

Se encontraron diferentes mecanismos para visualizar datos como el uso intensivo de aplicaciones web a la medida (n=24), Aplicaciones móviles (n=6), se evidencio uso de software MATLAB (n=3), pantallas LCD/OLED (n=2) y diseños híbridos (n=5).

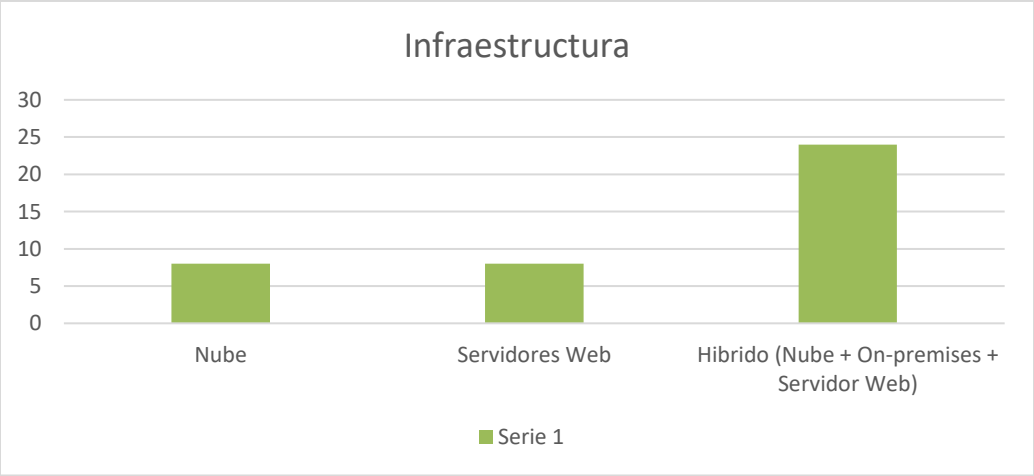
Tabla 9 Distribución grafica artículos donde se indicó mecanismo de visualización de información



5.1.4 Infraestructura

Se analizó teniendo en cuenta la obsolescencia tecnológica utilizada con el fin de aportar al objetivo principal de este estudio y se encontró como las más frecuente una estrategia hibrida entre nube + On premises + servidores Web (n= 24), en algunos casos se utilizó infraestructura exclusiva en nube con ventajas como la flexibilidad y agilidad, velocidad en despliegue, control del gasto, escalabilidad y seguridad reforzada en (n=8) y por medio de servidores web en (n=8).

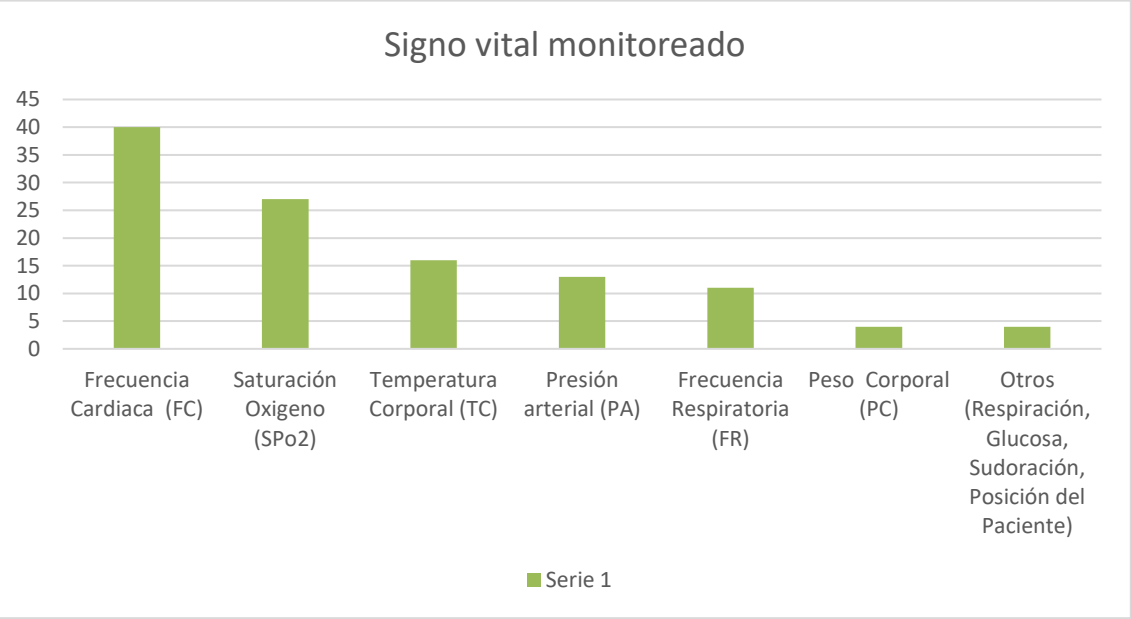
Tabla 10 Distribución grafica artículos donde se indicó infraestructura utilizada



5.1.5 Signo Vital monitoreado

Se encontró que la frecuencia cardiaca se utilizó en todos los artículos revisados (n= 40) siendo este el signo vital más frecuente en el telemonitoreo para diagnóstico médico, la saturación de oxígeno en (n= 27) siendo el segundo signo vital más utilizado, La presión arterial en (n=16), la frecuencia respiratoria en (n=11), el peso corporal en (n=4) y otras constantes vitales como la respiración, glucosa, sudoración, posición del paciente se utilizó en (n=4).

Tabla 11 Distribución grafica artículos por signo vital monitoreado



De acuerdo a lo anterior se definió validar el modelo usando los dos signos vitales más utilizados (saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca), se encontró que la señal de fotopletismografía (PPG) es una técnica no invasiva importante para medir la saturación de oxígeno en sangre y la frecuencia cardíaca , La PPG opera observando las propiedades de absorción y dispersión de la luz de los capilares, afectados por la composición de la sangre y la ingurgitación durante la fase de sístole del ciclo cardíaco [14]. En consecuencia, se pueden determinar que tanto la saturación de oxígeno en la sangre como la frecuencia cardíaca se pueden monitorear por medio de sensores.

5.2 Validación del modelo propuesto

5.2.1 Algoritmo de simulación de dispositivos

Para validar el diseño de la solución se desarrolló un algoritmo de simulación de dispositivos conectados para la generación y envió de constantes vitales, se utilizó AWS Cloud9 como entorno de desarrollo integrado (IDE) basado en la nube que permite escribir, ejecutar y depurar su código solo con un navegador. Incluye un editor de código, así como un depurador y un terminal. Cloud9 incluye herramientas esenciales para los lenguajes de programación más conocidos, como JavaScript, Python, PHP, entre otros, por lo que no necesita instalar archivos ni configurar su máquina de desarrollo para empezar nuevos proyectos. Ya que su IDE de Cloud9 se basa en la nube.

Las actividades del algoritmo diseñado están representadas por el diagrama de actividades que se muestra a continuación:

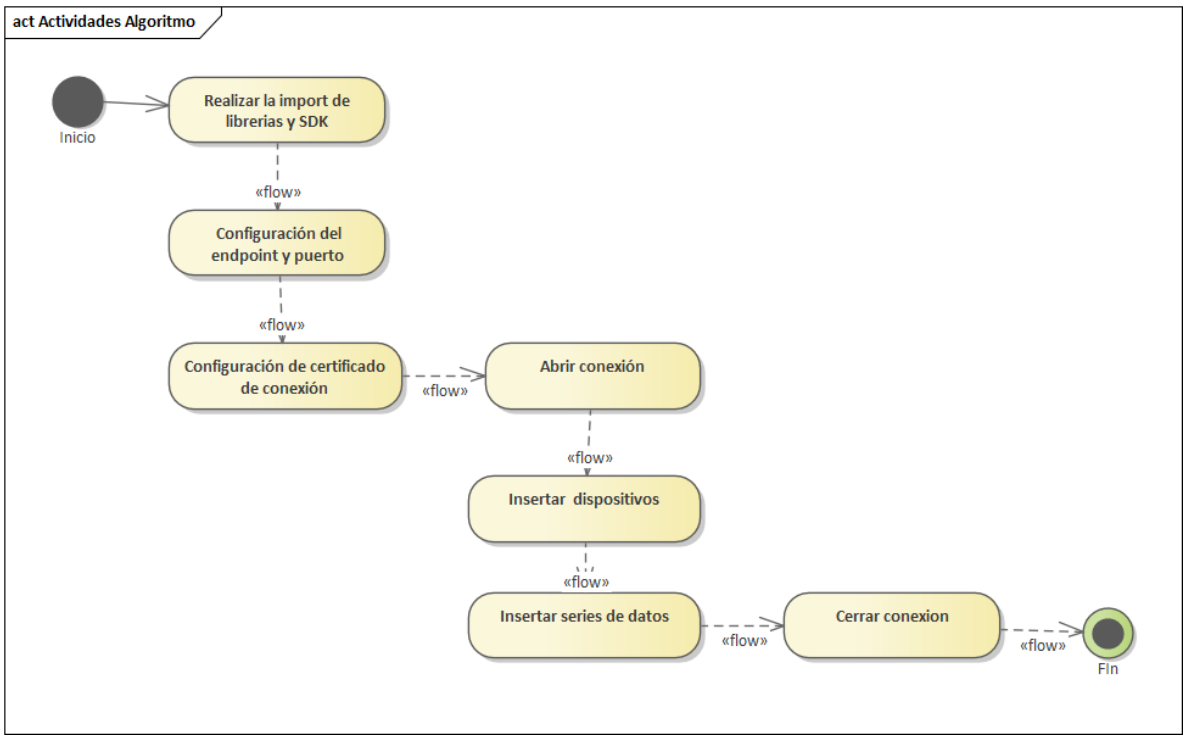


Ilustración 38 Diagrama de actividades algoritmo de simulación de dispositivos (Fuente: elaboración propia)

5.2.2 Código fuente algoritmo de simulación

La programación se realizó en Python utilizando el SDK para AWS AWSIoTPythonSDK, con las Librerías utilizadas AWSIoTMQTTClient, sys , random, time, datetime, pytz.

```
1  # se realizar la import de librerias y SDK
2  from AWSIoTPythonSDK.MQTTLib
3  from datetime
4  import AWSIoTMQTTClient
5  import sys
6  import random
7  import time
8  import datetime
9  import pytz
10
11 myMQTTClient = AWSIoTMQTTClient("dojodevice1")
12 # Configuración del endpoint y puerto
13 myMQTTClient.configureEndpoint("a3ik0etefnrop4-ats.iot.us-east-1.amazonaws.com", 8883)
14
15 # Configuración de certificado de conexión
16 myMQTTClient.configureCredentials("./AmazonRootCA1.pem","./1eefc3a87b11be43f1ee29b87cc5cc858
17
18 # Se inicia con la conexión
19 myMQTTClient.connect()
20 print("Client Connected")
21
22 # se inicia con la insercion de los dispositivos
23
24 msg = '{"PK":"DEVICE","SK":"0","Name":"ESP32"}';
25
26 print (msg)
27 topic = "esp32/pub"
28 myMQTTClient.publish(topic,msg, 0)
29 time.sleep(1)
```

```
31 # Ciclo para realizar insercion de dispositivos
32 for i in range(4):
33     msg = '{"PK":"DEVICE","SK":"'+str(i+1)+'","Name":"SIMULADOR_IOT#'+str(i+1)+'"}';
34         print (msg)
35     topic = "esp32/pub"
36     myMQTTClient.publish(topic,msg, 0)
37     time.sleep(1)
38
39 # Ciclo para realizar la inserción de la series de tiempo
40 # Clco  para realizar la insercion de series de Saturación de Oxigeno y Frecuencia cardiaca
41 while 1:
42
43     # datetime object containing current date and time
44     tz = pytz.timezone('UTC')
45     now = datetime.now(tz)
46     fecha = now.isoformat().replace("+00:00", "Z")
47
48     msg=  '{"PK":"TIMESTAMP#'+str(random.randint(1, 4))+'","SK":"'+str(fecha)+'","HeartBeat":'
49     topic = "esp32/pub"
50     print(msg)
51     myMQTTClient.publish(topic,msg, 0)
52     print("Message Sent")
53     time.sleep(1)
54
55 # sentencia para realizar la desconexion de los dispositivos
56 myMQTTClient.disconnect()
57 print("Client Disconnected")
```

Ilustración 39 Fragmento código fuente algoritmo de simulación de dispositivos (Fuente: elaboración propia)

5.2.3 Revisión de los resultados del modelo

Para la validación de los resultados se definió registrar 4 usuarios en el sistema, los tres primeros con rol paciente y 1 con rol de doctor con el fin de validar los escenarios de estado de salud Normal, moderado y grave.

Posteriormente configuro el algoritmo de simulación para que realizara tres ejecuciones durante treinta minutos cada una, para la primera ejecución se configuro con un rango de valores de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca que evidenciaran un comportamiento de salud normal, la segunda ejecución un estado de salud moderado y la tercera ejecución un estado de salud grave de acuerdo con la siguiente tabla de referencia:

Tabla 12 Referencia de signos vitales

Saturación Oxigeno (SPo2)	**Unidad porcentual %**
Normal	95 - 110
Hipoxia Leve	91 - 94
Hipoxia Moderada	86 - 90
Hipoxia Grave	86 <
Frecuencia Cardiaca (FC)	**lat/min (**PR Bpm)
Normal	60 – 80
Taquicardia	> 100
Bradicardia	< 60

5.2.4 Validación modulo controles pacientes

Al finalizar la primera ejecución se validó el tablero de control del Doctor y se visualizó que la frecuencia cardiaca oscilo entre 70 – 77 latidos por minuto y la saturación de oxígeno entre 101 -107 como se puede evidenciar en la imagen los indicadores todos quedaron en color verde lo que representa un estado de salud Normal.

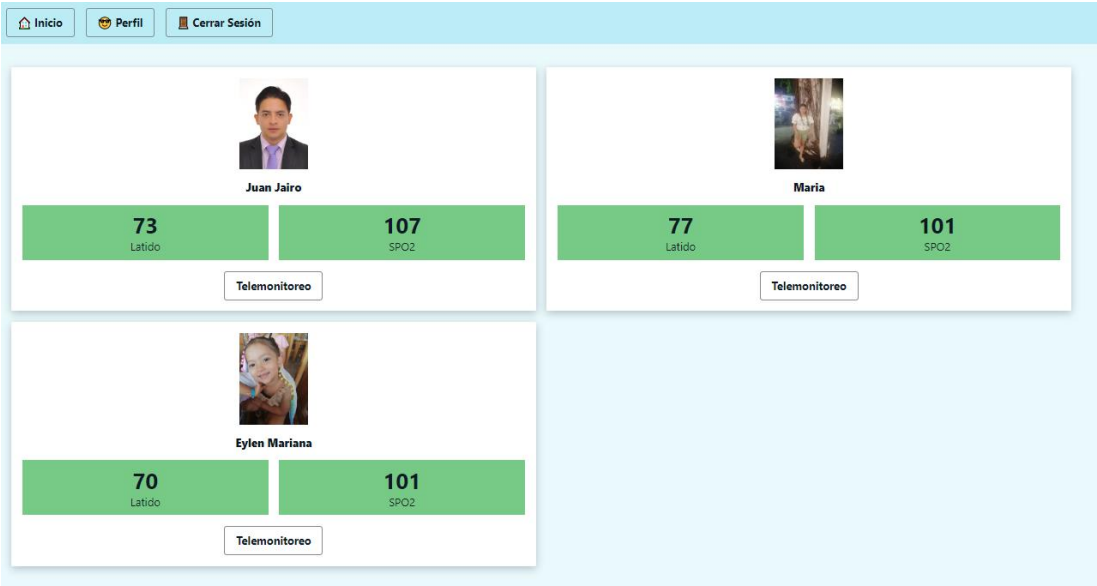


Ilustración 40 Validación Tablero de control para la primer Ejecución del algoritmo estado salud Normal (Fuente: elaboración propia)

Al finalizar la segunda ejecución se validó el tablero de control del Doctor y se mostró la siguiente visual: La frecuencia cardiaca se registró con un promedio de 105 latidos por minuto y la saturación de oxígeno con un promedio de 88 como se puede evidenciar los indicadores relacionados con la frecuencia cardiaca quedaron en rojo y la saturación de Oxígeno en naranja lo que corresponde a un estado de salud moderado para la saturación de Oxígeno y crítico para la frecuencia cardiaca.

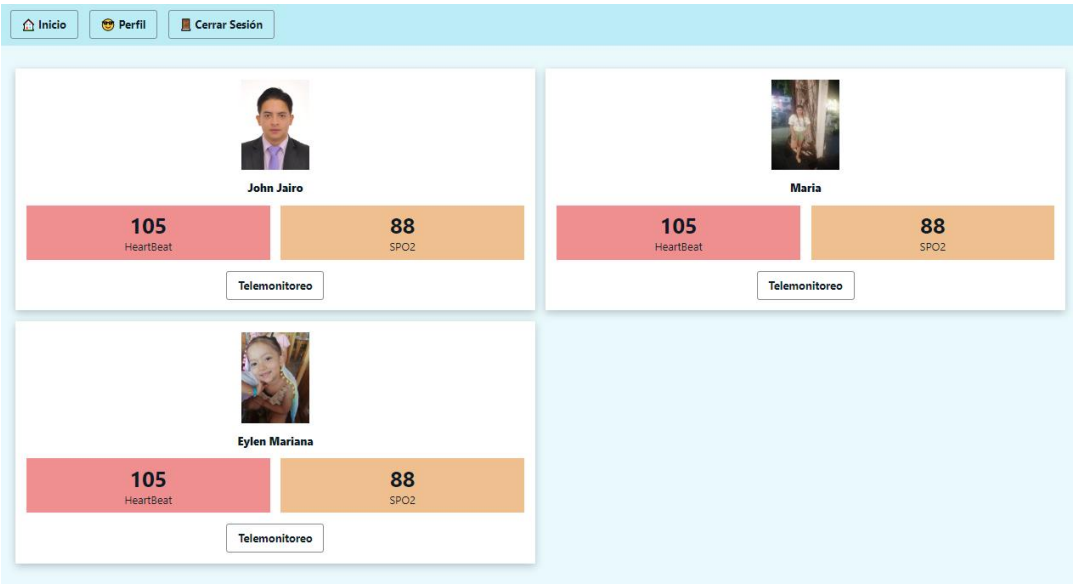


Ilustración 41 Validación Tablero de control para la primer Ejecución del algoritmo estado salud Moderado (Fuente: elaboración propia)

Al finalizar la tercera ejecución se validó el tablero de control del Doctor y se mostró la siguiente visual: La frecuencia cardiaca se registró con un promedio de 54 latidos por minuto y la saturación de oxígeno con un promedio de 78 como se puede evidenciar los indicadores relacionados con la frecuencia cardiaca quedaron en rojo y la saturación de Oxígeno en Rojo lo que corresponde a un estado de salud crítico.

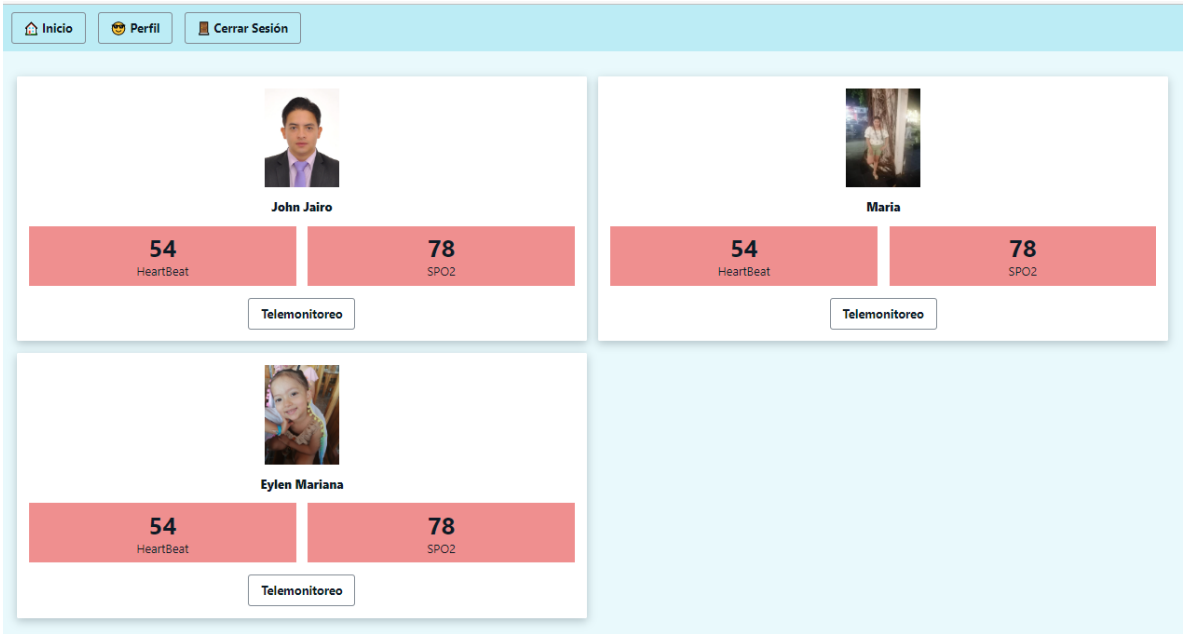


Ilustración 42 Validación Tablero de control para la primer Ejecución del algoritmo estado salud Critico (Fuente: elaboración propia)

Esta funcionalidad permite al usuario con rol “Doctor” una visual de los tres pacientes asignados para su atención, bajo esta modulo se puede llevar a cabo un seguimiento según el nivel de criticidad identificado por el sistema , este está basado en la paleta de colores establecida (Critico=Rojo, Moderado=Naranja, Normal=Verde) , con esta visual el médico tratante puede asignar un orden de atención basado en prioridad según su criterio, los pacientes asignados son listados automáticamente y están identificados con su foto de perfil, nombre y dos indicadores con el promedio de los últimos registro de (latido del corazón y saturación de oxígeno).

5.2.5 Validación modulo recomendaciones automáticas

Al validar el informe generado por el módulo de recomendaciones automáticas tras la primera ejecución se evidencia los indicadores de estado de salud normal y entrega recomendaciones de acuerdo con el estado de salud del paciente.

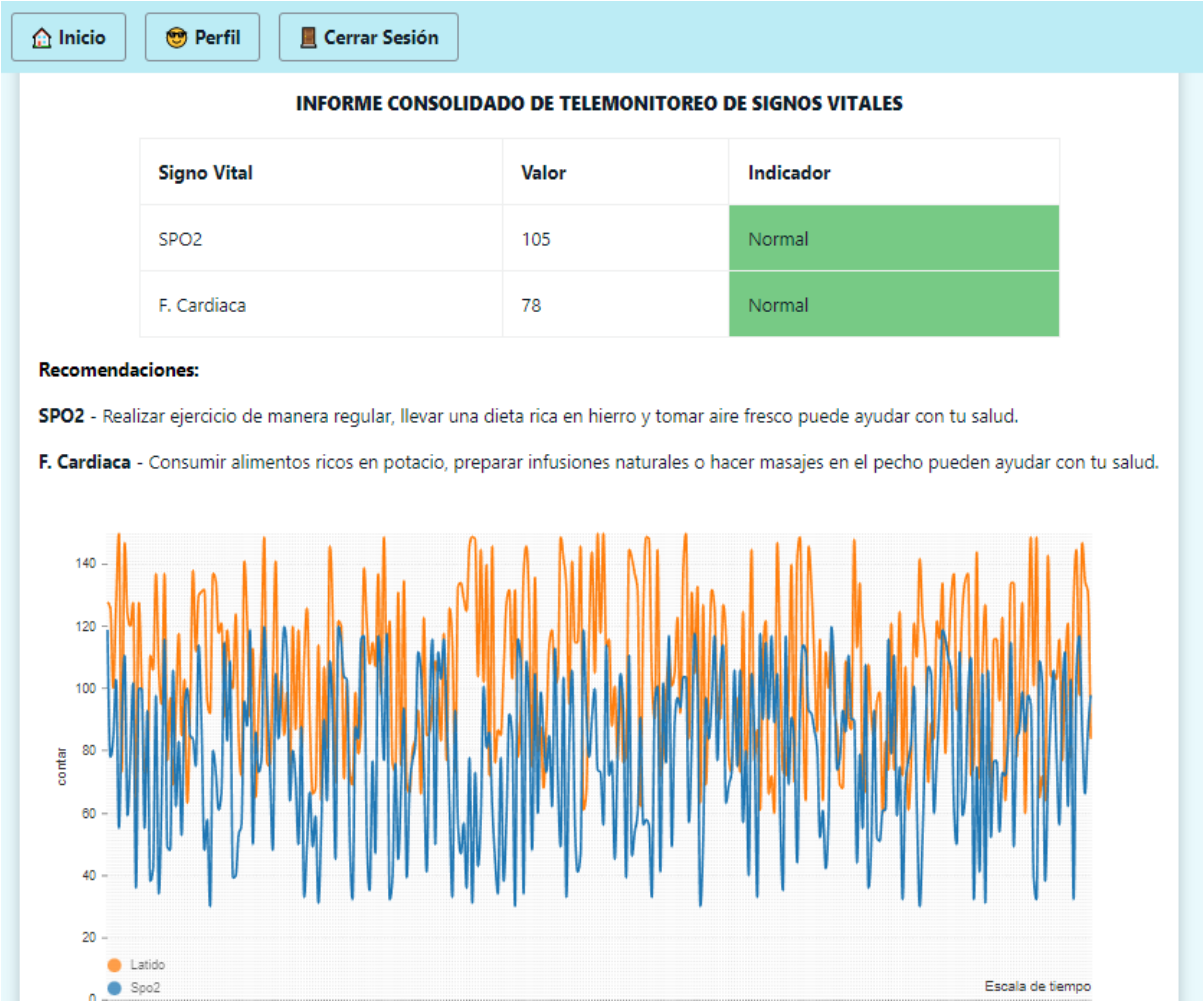


Ilustración 43 Validación módulo de recomendaciones automáticas para la primera ejecución (Fuente: elaboración propia)

Al validar el informe generado por el módulo de recomendaciones automáticas tras la segunda ejecución se evidencia los indicadores de estado de salud moderado para la saturación de Oxígeno y crítico para la Frecuencia cardiaca y se entrega recomendaciones de acuerdo con el estado de salud de cada paciente.

INFORME CONSOLIDADO DE TELEMONITOREO DE SIGNOS VITALES

Signo Vital	Valor	Indicador
SPO2	88	Hipoxia Moderada
F. Cardiaca	105	Taquicardia

Recomendaciónes:

SPO2 - Es necesario contactar a su médico lo antes posible para identificar los síntomas que indiquen esta disminución, debe adquirir suministro de oxigeno asistido

F. Cardiaca - Es necesario contactar a su médico tratante para recibir atención prioritaria, Evitar la ingesta de estimulantes, mantener una adecuada idratación y realizar ejercicios de respiración pueden ayudar.

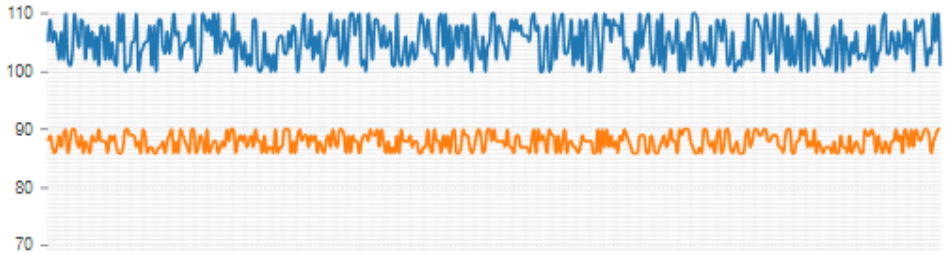


Ilustración 44 Validación módulo de recomendaciones automáticas para la segunda ejecución (Fuente: elaboración propia)

Al validar el informe generado por el módulo de recomendaciones automáticas tras la tercera ejecución se evidencia los indicadores de estado de salud crítico para la saturación de Oxígeno y crítico para la Frecuencia cardiaca y se entrega recomendaciones de acuerdo con el estado de salud de cada paciente

INFORME CONSOLIDADO DE TELEMONITOREO DE SIGNOS VITALES

Signo Vital	Valor	Indicador
SPO2	78	Hipoxia Grave
F. Cardiaca	55	Bradicardia

Recomendaciónes:

SPO2 - Es necesario contactar a su médico lo antes posible para identificar los síntomas que indiquen esta disminución, debe adquirir suministro de oxigeno asistido de manera inmediata.

F. Cardiaca - Es necesario contactar a su médico tratante para recibir atención proritaria, Hacer actividad la mayoría de los días de la semana o bien todos los días. Su médico puede indicarle qué nivel de ejercicio es su adecuado.

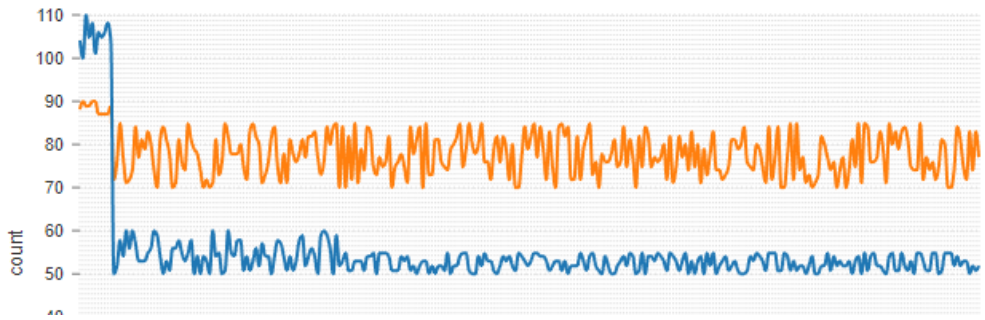


Ilustración 45 Validación módulo de recomendaciones automáticas para la tercera ejecución (Fuente: elaboración propia)

5.3 Validaciones técnicas y de calidad del prototipo

En cuanto a la volumetría procesada por el sistema en las tres ejecuciones de treinta minutos cada uno se alcanzaron a procesar un total de 4.036 series de datos.

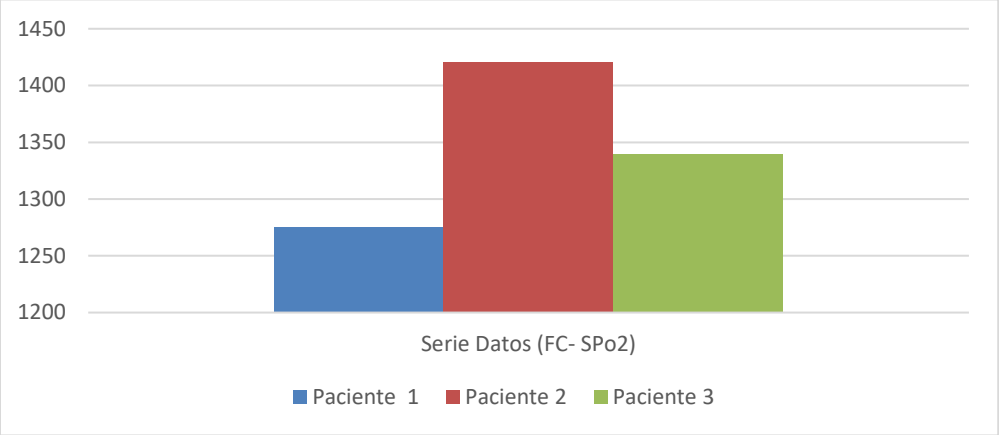


Ilustración 46 volumetría procesada para las 3 Ejecuciones por paciente (Fuente: elaboración propia)

5.3.1 Latencia de recuperación de datos

El tiempo de latencia promedio en la recuperación de registros por la aplicación se registró con mínimo fue de 12.7 milisegundos y máximo de 17.1 milisegundos siendo tiempos muy eficientes.

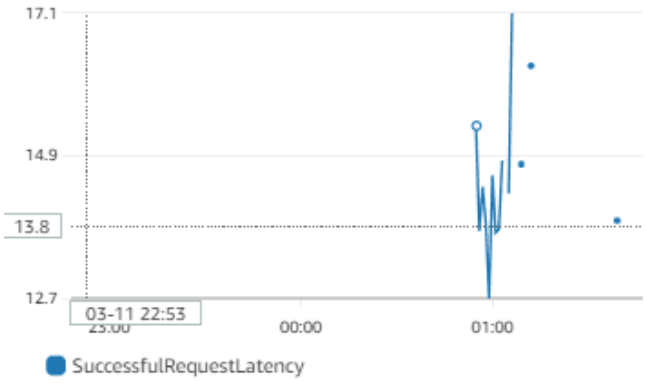


Ilustración 47 Latencia en la recuperación de registros que realiza la aplicación (Fuente: elaboración propia)

5.3.2 Latencia en creación de registros

El tiempo de latencia promedio para la persistencia de registros por la aplicación se registró con un mínimo de 5.4 milisegundos y máximo de 30.2 milisegundos siendo tiempos muy eficientes.

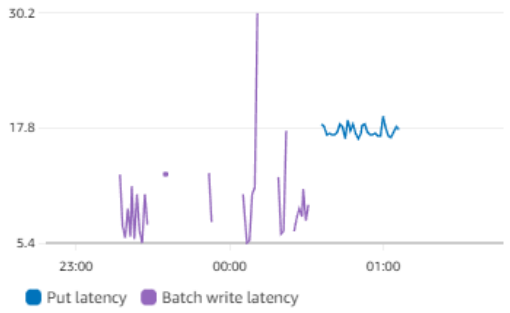


Ilustración 48 Latencia en la persistencia de registros registrados por la aplicación (Fuente: elaboración propia)

5.3.3 Duración en la ejecución de funciones lambda

El tiempo promedio en la ejecución de funciones lambda se presenta un mínimo de 2.87 milisegundos y máximo 6.8 milisegundos siendo tiempos muy eficientes.

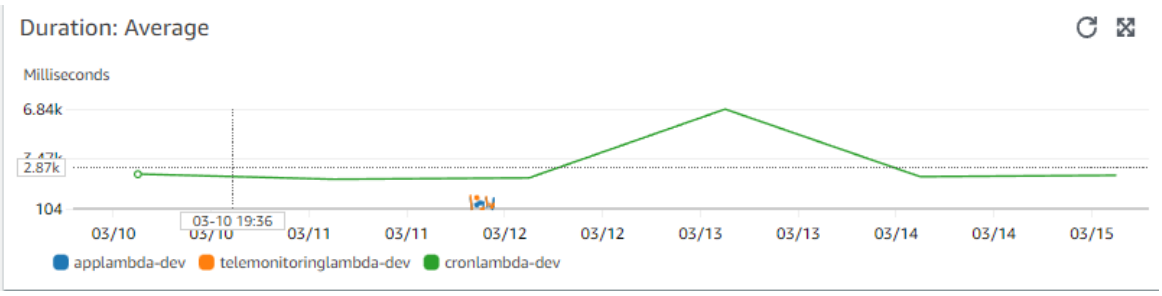


Ilustración 49 tiempo de ejecución funciones Lambda (Fuente: elaboración propia)

5.3.4 porcentaje de error en la ejecución de funciones

El tiempo conteo de error en la ejecución de funciones lambda se presenta en 0 lo cual es muy positivo.

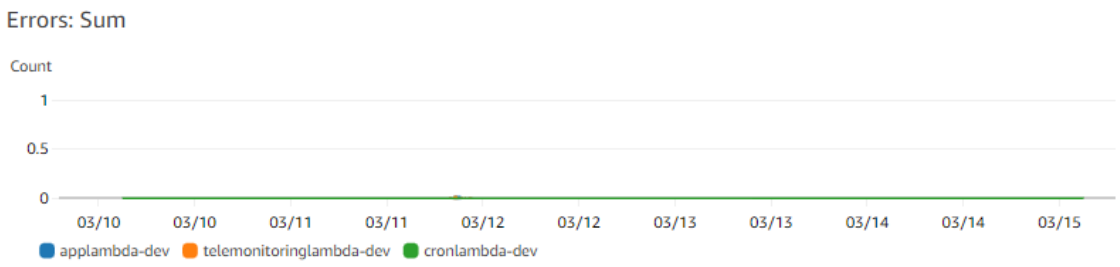


Ilustración 50 porcentaje de error funciones lambda (Fuente: elaboración propia)

6 CAPITULO
CONCLUSIONES

- La revisión sistemática facilito el desarrollo del diseño de la solución propuesta teniendo en cuenta que destacan las tecnologías portátiles emergentes que tienen potencial y capacidad para controlar los signos vitales fisiológicos de los pacientes de forma remota.
- Los sensores portátiles son tecnologías apropiadas que facilitan el monitoreo y control continuo de las condiciones de los pacientes. Se contempla entonces el diseño propuesto con capacidades técnicas para la sincronización de sensores, ingesta de datos, procesamiento de datos y visualización de la información en un diseño basado en nube.
- Al aplicar el enfoque sistemático los estudios mostraron diversas técnicas y se comprobó que estás vallan a la par con las técnicas de cómputo actuales en la nube con el fin de explorar la implementacion de aplicaciones para diagnóstico médico que utilicen la nube como infraestructura.
- Se logro sintetizar el estado del arte y la técnica de cómputo de las soluciones de telemonitoreo actuales se analizaron cuarenta artículos lo que permitió identificar las principales características de un sistema de telemonitoreo (Ingesta de datos, procesamiento de información, visualización e infraestructura utilizada).
- El desarrollo del proyecto responde a la pregunta de formulación ya que se logra proponer modelo de computación en la nube para realizar telemonitoreo constantes vitales como saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca en tiempo real.
- Como valor agregado al trabajo de investigación se plantearon diseños de alto nivel de la solución en tecnologías de nube ofrecidas por empresas de tecnología (AWS, Azure, GoogleCloud) lo que comprueba que el diseño planteado es agnóstico de la tecnología en nube seleccionada.

- El modelo de la solución propuesta es completamente agnóstico a la tecnología en nube seleccionada, se podrán usar otras como las Azure, Google Cloud.
- El diseño propuesto es altamente escalable lo que da una gran ventaja al momento de ejecutar actualizaciones y evolutivos sobre la solución de telemonitoreo
- La tecnología seleccionada AWS además de ser de vanguardia ofrece un valor agregado al diseño de la solución y al negocio por la gran cantidad de funcionalidades y servicios ofrecidos.
- A partir del modelo propuesto se logran reducir drásticamente los tiempos de implementación de sistemas de telemonitoreo logrando una evolución rápida de nuevos productos innovadores con orientación al cliente, autoservicios y multicanalidad social,
- La renovación de sistemas de información de telemonitoreo en nube permiten a las empresas ser competitivos, ágiles y eficientes, no obstante, es importante verificar el objetivo y funcionalidad de estas, con el fin de alinear y estandarizar dichos recursos, para la definición, innovación a nivel funcional que soporten los planes de transformación requeridos.
- Durante el desarrollo del prototipo se exploró la metodología SCRUM que permitió obtener un acercamiento real sobre la estructuración y definición del diseño de la solución para un caso de estudio en el sector de telesalud, logrando identificar en cada iteración mejoras al diseño.
- La metodología SCRUM empleada y definición del diseño de solución proveen mecanismos que permiten mejorar las capacidades de las empresas de software de telemedicina, permitiendo llevar un proceso de mejora continua y poder contar con la posibilidad de replantear premisas que permitan evaluar diferentes escenarios de inversión e implementación, para una toma de decisiones acertadas.

- El prototipo propuesto permitió validar el funcionamiento del modelo de la solución logrando realizar un telemonitoreo de signos vitales en tiempo real para identificar anomalías en la lectura de la saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca.
- Se realizo la documentación del modelo lo que aporta a la mejora continua y se permite la innovación y evolución del modelo definidos siendo un insumo vital para la toma decisiones acertadas a nivel organizacional, financiero y tecnológico, que contribuyen al crecimiento empresarial.
- Las dimensiones que fueron definidas y estructuradas permiten conocer la relación que existe entre los diferentes elementos que intervienen en soluciones de telemonitoreo a nivel de procesos, permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos tecnológicos que soportan los procesos del negocio. A partir de lo anterior, se logra obtener un modelo de relación de negocio y TI concluyendo una visión global que permite la estandarización y homogeneidad en los procesos de implementación.

7 Bibliografía

[1] Beltran Pardo Marta and Sevilano Jaén Fernando, *Cloud Computing tecnologia y negocio*, Ediciones Nobel S.A. España, 2013.

[2] Mayank Thakkar and Deven Atnoor, “Mejore los resultados de los ensayos clínicos mediante el uso de tecnologías de AWS,” *https://aws.amazon.com/es/blogs/big-data/improve-clinical-trial-outcomes-by-using-aws-technologies/*.

[3] ClinicalTrials, “Tendencias, gráficos y mapas,” *https://clinicaltrials.gov/ct2/resources/trends#RegisteredStudiesOverTime*, 2023.

[4] i-SCOOP, “Internet de las Cosas (IoT) en salud: beneficios, casos de uso y evoluciones,” *https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iot/internet-things-healthcare/*, 2022.

[5] MindCommerce, “Sistemas de salud en tiempo real,” *https://mindcommerce.com/*, 2022.

[6] MedLinePlus, “Presión arterial alta en adultos - hipertensión,” *https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000468.htm#:~:text=Hipertensi%C3%B3n%20es%20el%20t%C3%A9rmino%20que,y%20otros%20problemas%20de%20salud*, 2023.

[7] OMS, “Hipertensión,” Aug. 21, 2021.

[8] Fundación Carlos Slim, “Los beneficios del internet de las cosas en las prestación de servicios de salud,” *https://saluddigital.com/es/sinopsis-de-publicaciones-recientes/los-beneficios-del-internet-de-las-cosas-iot-en-la-prestacion-de-servicios-de-salud/*, 2023.

[9] Universidad de los Andes and Universidad Javeriana, “Capacidad hospitalaria instalada en Bogotá.,” *https://www.javerianacali.edu.co/sites/default/files/2020-05/capacidad-hospital-bogota-covid-19.pdf*, Apr. 28, 2020.

[10] D. Moher *et al.*, “Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement,” *PLoS Medicine*, vol. 6, no. 7. Jul. 2009. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.

[11] Daza Rojas John Jairo; Aparicio Lilia Edith, “Una revisión sistemática para el diseño de una solución en nube de telemonitoreo de signos vitales en tiempo real,” *LACCEI*, 2023.

[12] M. E. Haveman *et al.*, “Continuous monitoring of vital signs with the Everion biosensor on the surgical ward: a clinical validation study,” *Expert Rev Med Devices*, vol. 18, no. sup1, pp. 145–152, 2021, doi: 10.1080/17434440.2021.2019014.

[13] M. E. Haveman *et al.*, “Continuous Monitoring of Vital Signs With Wearable Sensors During Daily Life Activities: Validation Study,” *JMIR Form Res*, vol. 6, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.2196/30863.

[14] F. Hamza Cherif, L. Hamza Cherif, M. Benabdellah, and G. Nassar, “Monitoring driver health status in real time,” *Review of Scientific Instruments*, vol. 91, no. 3. American Institute of Physics Inc., Mar. 01, 2020. doi: 10.1063/1.5098308.

[15] Q. Shen *et al.*, “A wearable real-time telemonitoring electrocardiogram device compared with traditional Holter monitoring,” *J Biomed Res*, vol. 35, no. 3, pp. 238–246, 2021, doi: 10.7555/JBR.34.20200074.

[16] L. P. Motta *et al.*, “An emergency system for monitoring pulse oximetry, peak expiratory flow, and body temperature of patients with COVID-19 at home: Development and preliminary application,” *PLoS One*, vol. 16, no. 3 March, Mar. 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0247635.

[17] A. Cristobal-Huerta, A. Torrado-Carvajal, C. Rodriguez-Sanchez, J. A. Hernandez-Tamames, M. Luaces, and S. Borromeo, “Implementation of ISO/IEEE 11073 PHD SpO2 and ECG Device Specializations over Bluetooth HDP following Health Care Profile for Smart Living,” *Sensors*, vol. 22, no. 15, Aug. 2022, doi: 10.3390/s22155648.

[18] P. Arpaia, F. Crauso, E. De Benedetto, L. Duraccio, G. Improta, and F. Serino, “Soft Transducer for Patient’s Vitals Telemonitoring with Deep Learning-Based Personalized Anomaly Detection,” *Sensors*, vol. 22, no. 2, Jan. 2022, doi: 10.3390/s22020536.

[19] R. Muñiz *et al.*, “A smart band for automatic supervision of restrained patients in a hospital environment,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 18. MDPI AG, pp. 1–12, Sep. 02, 2020. doi: 10.3390/s20185211.

[20] S. Panicacci *et al.*, “Telemonitoring in the Covid-19 era: The tuscany region experience,” *Healthcare (Switzerland)*, vol. 9, no. 5, p. 516, 2021, doi: 10.3390/healthcare9050516.

[21] R. C. Tarraf *et al.*, “Using integrated technology to create quality care for older adults: a feasibility study,” *Inform Health Soc Care*, vol. 44, no. 3, pp. 246–261, Jul. 2019, doi: 10.1080/17538157.2018.1496090.

[22] N. Burioka, “Telemonitoring of home oxygen therapy: A review of the state of the art and introduction of a new cloud-based system,” *Yonago Acta Med*, vol. 63, no. 4, pp. 239–245, 2020, doi: 10.33160/yam.2020.11.001.

[23] K. H. Sanjaya *et al.*, “Low-Cost Multimodal Physiological Telemonitoring System through Internet of Things,” *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, vol. 21, no. 1, p. 55, Aug. 2021, doi: 10.14203/jet.v21.55-63.

[24] P. Debnath, A. Mahmud, A. K. Hossain, and I. Rahman, “Design And Application Of Iot Based Real-Time Patient Telemonitoring System Using Biomedical Sensor Network,” 2021, doi: 10.21203/rs.3.rs-372889/v1.

[25] G. J. Lakshmi, M. Ghonge, and A. J. Obaid, “Cloud based iot smart healthcare system for remote patient monitoring,” *EAI Endorsed Trans Pervasive Health Technol*, vol. 7, no. 28, 2021, doi: 10.4108/eai.15-7-2021.170296.

[26] I. Sundara, S. Rao, R. Krishna, and D. Reddy, “Iot Based Smart Health Care Monitoring System Lithium Ion batteries case studies View project,” 2019. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/336375680

[27] A. I. Siam *et al.*, “Secure Health Monitoring Communication Systems Based on IoT and Cloud Computing for Medical Emergency Applications,” *Comput Intell Neurosci*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/8016525.

[28] A. R. M. Forkan, I. Khalil, and M. Atiquzzaman, “ViSiBiD: A learning model for early discovery and real-time prediction of severe clinical events using vital signs as big data,” *Computer Networks*, vol. 113, pp. 244–257, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.comnet.2016.12.019.

[29] M. Shu, M. Tang, M. Yang, and N. Wei, “The vital signs real-time monitoring system based on Internet of things,” in *Proceedings - 2017 4th International Conference on Information Science and Control Engineering, ICISCE 2017*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Nov. 2017, pp. 747–751. doi: 10.1109/ICISCE.2017.160.

[30] K. N. Swaroop, K. Chandu, R. Gorrepotu, and S. Deb, “A health monitoring system for vital signs using IoT,” *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 5, pp. 116–129, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.iot.2019.01.004.

[31] A. Hristoskova, V. Sakkalis, G. Zacharioudakis, M. Tsiknakis, and F. De Turck, “Ontology-driven monitoring of patient’s vital signs enabling personalized medical detection and alert,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 14, no. 1, pp. 1598–1628, Jan. 2014, doi: 10.3390/s140101598.

[32] Institute of Electrical and Electronics Engineers and RVS College of Engineering & Technology, *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA 2020) : 15-17 July, 2020*.

[33] K. Monteiro, E. Rocha, E. Silva, G. L. Santos, W. Santos, and P. T. Endo, “Developing an e-health system based on IoT, Fog and cloud computing,” in *Proceedings - 11th IEEE/ACM International Conference on Utility and Cloud Computing Companion, UCC Companion 2018*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jan. 2019, pp. 17–18. doi: 10.1109/UCC-Companion.2018.00024.

[34] *2018 International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering (ICACCE)*. IEEE, 2018.

[35] M. K. Hassan, A. I. El Desouky, S. M. Elghamrawy, and A. M. Sarhan, “Intelligent hybrid remote patient-monitoring model with cloud-based framework for knowledge discovery,” *Computers and Electrical Engineering*, vol. 70, pp. 1034–1048, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.compeleceng.2018.02.032.

[36] Fla.) IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference (38th : 2016 : Orlando, IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) : 16-20 Aug. 2016.*

[37] A. El Attaoui, S. Kaissari, A. Jilbab, and A. Bourouhou, “Wearable Wireless Sensors Node for Heart Activity Telemonitoring,” in *2020 International Conference on Electrical and Information Technologies, ICEIT 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Mar. 2020. doi: 10.1109/ICEIT48248.2020.9113208.

[38] B. Yip, H. W. Hirai, Y. H. Kuo, H. M. Meng, S. Wong, and K. K. F. Tsoi, “Blood Pressure Management with Data Capturing in the Cloud among Hypertensive Patients: A Monitoring Platform for Hypertensive Patients,” in *Proceedings - 2015 IEEE International Congress on Big Data, BigData Congress 2015*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Aug. 2015, pp. 305–308. doi: 10.1109/BigDataCongress.2015.50.

[39] *2020 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*. IEEE, 2020.

[40] Institute of Electrical and Electronics Engineers and RVS College of Engineering & Technology, *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA 2020) : 15-17 July, 2020*.

[41] B. Yip, H. W. Hirai, Y. H. Kuo, H. M. Meng, S. Wong, and K. K. F. Tsoi, “Blood Pressure Management with Data Capturing in the Cloud among Hypertensive Patients: A Monitoring Platform for Hypertensive Patients,” in *Proceedings - 2015 IEEE International Congress on Big Data, BigData Congress 2015*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Aug. 2015, pp. 305–308. doi: 10.1109/BigDataCongress.2015.50.

[42] L. Fanucci *et al.*, “Sensing devices and sensor signal processing for remote monitoring of vital signs in CHF patients,” *IEEE Trans Instrum Meas*, vol. 62, no. 3, pp. 553–569, 2013, doi: 10.1109/TIM.2012.2218681.

[43] A. Ahmed Benyahia, A. Hajjam, V. Hilaire, M. Hajjam, and E. Andres, “E-Care Telemonitoring System: Extend the platform.”

[44] E. Petere *et al.*, *2016 20th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC) : joint conference of SINTES 20, SACCS 16, SIMSIS 20 : October 13-15, 2016, Sinaia, Romania*.

[45] F. Jamil, S. Ahmad, N. Iqbal, and D. H. Kim, “Towards a remote monitoring of patient vital signs based on iot-based blockchain integrity management platforms in smart hospitals,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 8, Apr. 2020, doi: 10.3390/s20082195.

[46] M. Mansoor Baig, H. GholamHosseini, M. J. Connolly, and G. Kashfi, *Real-Time Vital Signs Monitoring and Interpretation System for Early Detection of Multiple Physical Signs in Older Adults*. 2014. doi: 10.0/Linux-x86_64.

[47] M. A. Akkaş, R. SOKULLU, and H. Ertürk Çetin, “Healthcare and patient monitoring using IoT,” *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 11, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.iot.2020.100173.

[48] Y. Fu and J. Liu, “System Design for Wearable Blood Oxygen Saturation and Pulse Measurement Device,” *Procedia Manuf*, vol. 3, pp. 1187–1194, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.197.

[49] Institute of Electrical and Electronics Engineers. *et al.*, *Information & Communication Technologies (ICT), 2013 IEEE Conference on : 11-12, 2013 : [Noorul Islam University, Nagercoil, India]*. IEEE, 2013.

[50] NIST, “NIST: National Institute of Standards and Technology,” Jun. 13, 2022. https://www.nist.gov/ (accessed Apr. 09, 2023).

[51] Fran Berman, Geoffrey Fox, and Anthony J. G. Hey, *Grid Computing: Making the Global Infrastructure a Reality*, 1st ed. Wiley, 2003.

[52] Rajkumar Buyya, James Broberg, and Andrzej M. Goscinski, *Cloud Computing: Principles and Paradigms*, 1st ed., vol. 2011. Wiley, 2011. Accessed: Apr. 09, 2023. [Online]. Available: https://www.amazon.com/Cloud-Computing-Principles-Rajkumar-Buyya/dp/0470887990

[53] IEEE Staff, *2016 7th International Conference on Cloud Computing and Big Data (CCBD).* IEEE, 2016.

[54] J. A. Hidalgo, A. Cajiao, C. M. Hernández, D. M. López, and V. M. Quintero, “VISIGNET: A wireless body area network with cloud data storage for the telemonitoring of vital signs,” *Health Technol (Berl)*, vol. 5, no. 2, pp. 115–126, Jul. 2015, doi: 10.1007/s12553-015-0108-0.