



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas y Computación

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL
MONITOREO DE PACIENTES CON HIPERTENSIÓN ARTERIAL
UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA ESP32”**

Autores:

Julio Vinicio Sanaguano Santos

Andrés Eduardo Caina Guamán

Tutor:

Ing. Jorge Delgado Mgs.

Riobamba – Ecuador

Año 2020

REVISIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL MONITOREO DE PACIENTES CON HIPERTENSIÓN ARTERIAL UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA ESP32”, presentado por los estudiantes: Sr. Julio Vinicio Sanaguano Santos y Sr. Andrés Eduardo Caina Guamán, dirigida por el Mgs. Jorge Delgado.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Mgs. Jorge Delgado
Tutor del Proyecto



Firma

Dr. Luis Tello
Miembro del Tribunal



Firma

Mgs. Diego Reina
Miembro del Tribunal



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación corresponde exclusivamente a: Julio Vinicio Sanaguano Santos, Andrés Eduardo Caina Guamán autores del proyecto de investigación y Mgs. Jorge Delgado tutor de tesis; el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Julio Vinicio
Sanaguano Santos
Autor



Andrés Eduardo
Caina Guamán
Autor



Mgs. Jorge Delgado
Tutor del Proyecto

DEDICATORIA

A Dios por haberme brindado la vida y la fuerza necesaria para culminar el presente proyecto de investigación que no fue algo sencillo, pero día a día lo realizaba con entusiasmo y dedicación.

A mis padres quienes me han apoyado incondicionalmente cada momento de mi vida y jamás han permitido que me dé por vencido, aunque el camino sea difícil de recorrer porque siempre había un consejo que iluminaba mi camino y me motivaba a seguir adelante.

A mi hermano Diego Sanaguano por estar presente en cada triunfo y derrota que la vida me ha presentado y siempre brindarme sus palabras de aliento para continuar.

A mi tío Dr. Francisco Santos quién me apoyo justo en el momento que más lo necesitaba y me ha brindado el ejemplo de superación y humildad a pesar de las dificultades.

A mi mejor amigo y partícipe de este proyecto de investigación Andrés Caina por su apoyo y dedicación que ha depositado para lograr cumplir con tan anhelada meta.

Julio Vinicio Sanaguano Santos

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación en primer lugar a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres, por ser el principal motor de mi vida, gracias a ellos por confiar y creer en mí, a mi madre por su infinita paciencia y gran corazón, por estar ahí con una taza de café esperando mi llegada noche a noche, yo sé que fui el motivo de muchas preocupaciones, a mi padre pues sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación. A mi hermana Tamia pues con su llegada me dio un motivo para ser una mejor persona día a día, todo el esfuerzo invertido es con el afán de ser un buen ejemplo y que cumpla sus metas sin desfallecer.

A mi familia, no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los momentos de felicidad y diversas emociones que juntos hemos compartido. A mis tías y tíos gracias por aportar con su granito de arena al cumplimiento de esta meta, por apoyarnos a mí, a mi hermana y a mi madre, a mis primos y primas por formar parte de mi vida, ustedes fueron los hermanos de mi edad que nunca tuve, a mis primitas por llenar la casa de lotes de alegría y anécdotas.

Andrés Eduardo Caina Guamán

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar Dios Todopoderoso que me ha brindado la energía, la sabiduría y la salud, permitiéndome culminar con una meta más en mi vida académica siempre con humildad y dedicación.

Gracias a mis padres quienes han sido los principales promotores de cada uno de mis sueños y me han acompañado en cada paso que he dado durante mi vida con entusiasmo.

Al Ing. Jorge Delgado quien depositó en mi la confianza para realizar el presente proyecto de investigación apoyándome siempre, fundamentando en mi los valores de respeto, honestidad, paciencia y responsabilidad.

Al Ing. Luis Tello y al Ing. Diego Reina quienes han formado parte de este proyecto de investigación y han compartido todos sus conocimientos y experiencias para cumplir con tan anhelada meta.

Al Ing. Milton López quién colaboró para llevar a cabo las evaluaciones del proyecto de investigación en un ambiente de trabajo adecuado y con especialistas en el área de las ciencias de la salud.

A todos mis amigos Andrés Caina, Mónica Chacha, Thalía Veloz, Erika Yépez, Juan Toaquiza, Alex Manobanda, Jackeline Quizhpilema, Alexis Mata, Henry Orozco y Klever Armijos quienes durante mi vida académica siempre me han apoyado de una u otra manera para lograr cumplir uno de mis más grandes sueños.

Julio Vinicio Sanaguano Santos

AGRADECIMIENTOS

En el presente trabajo de investigación quiero agradecer a Dios por permitirme tener esta oportunidad, gracias a la Universidad Nacional de Chimborazo por haberme abierto las puertas para poder estudiar la carrera que tanto añoraba.

Agradezco también a mi Tutor de Tesis el Ing. Jorge Delgado quien supo guiarnos durante este proceso con la colaboración del Ing. Luis Tello, Ing. Diego reina y el Ing. Milton López quienes supieron brindarme sus conocimientos, así como también haberme tenido paciencia durante la elaboración de este trabajo de investigación.

A la Lic. Magaly Montoya quien a pesar de las duras circunstancias que afrontó siempre estuvo para brindarme su apoyo con todo lo que estuviese entre sus manos.

A la Célula académica D'soft.Net con quienes en un corto tiempo compartimos nuevas e inolvidables experiencias, muchas gracias, ustedes demuestran día a día que existen jóvenes que no se limitan a lo necesario, sino que van más allá sacrificando horas libres.

A mis compañeros presentes y pasados con quienes compartimos gratas experiencias en este transcurso.

Andrés Eduardo Caina Guamán

ÍNDICE GENERAL

REVISIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	VI
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Problema	3
1.2. Justificación	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Telemedicina	6
2.1.1. Modos generales de aplicación de la Telemedicina	6
2.1.2. Clasificación de la telemedicina según el tipo de servicio	7
2.1.3. Modalidades de la telemedicina	8
2.2. Aplicaciones móviles en salud	8
2.2.1. Aplicaciones móviles de control de hipertensión	11
2.3. Tecnología ESP32	12
2.3.1. Chips ESP32	12
2.3.2. Módulos ESP32	13
2.3.3. Tarjetas de desarrollo	14
2.4. Hipertensión arterial	16
2.4.1. Clasificación de la presión arterial	16
2.4.2. Diagnóstico	17
2.4.3. Tele-monitoreo de la presión arterial	17
2.5. Herramientas para el desarrollo de la aplicación	17
2.5.1. Framework Ionic	18

2.5.2.	Visual Studio Code.....	18
2.5.3.	Git.....	19
2.5.4.	Node.js.....	19
2.5.5.	MongoDB.....	19
2.5.6.	Android.....	20
2.6.	Usabilidad	21
2.6.1.	Atributos de la usabilidad.....	21
2.6.2.	Métricas de Usabilidad.....	23
2.6.3.	Métodos de evaluación de la usabilidad.....	24
2.6.4.	Tamaño de la muestra de usabilidad	26
2.7.	Modelo de Espiral de Boehm.....	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		27
3.1.	Metodología	27
3.2.	Tipo y diseño de la investigación	27
3.2.1.	Según la fuente	27
3.2.2.	Según el nivel de medición y análisis de la información	27
3.2.3.	Según el objeto de estudio.....	28
3.3.	Unidad de análisis	28
3.4.	Población de estudio y muestra	28
3.5.	Técnicas de recolección de datos.....	28
3.5.1.	Entrevistas	28
3.5.2.	Encuestas.....	29
3.6.	Técnicas de análisis e interpretación de la información	29
3.7.	Desarrollo del aplicativo web y móvil.....	29
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		37
4.1.	Análisis de Regresión para la emulación de la presión arterial	37
4.2.	Ajuste de curva	38
4.3.	Resultados de la usabilidad de la aplicación web	41
4.3.1.	Tablas de frecuencia de la aplicación web	41
4.3.2.	Análisis de confiabilidad de la aplicación web	52
4.3.3.	Tablas de frecuencia de la aplicación móvil	54
4.3.4.	Análisis de confiabilidad de la usabilidad de la aplicación móvil	64
CONCLUSIONES.....		66
RECOMENDACIONES		67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		68

ANEXOS	70
Anexo 1: Modelo de la encuesta	70
Anexo 2: Encuesta aplicada a un médico del Hospital Universitario Andino de Riobamba	72
Anexo 3: Diagrama de casos de uso UML	73
Anexo 4: Vistas de la aplicación web	74
Anexo 5: Vistas de la aplicación móvil	77
Anexo 6: Notificaciones al correo electrónico	81
Anexo 7: Reporte de la presión arterial del paciente	83
PROPUESTA	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aplicaciones móviles de control de hipertensión.....	11
Tabla 2: Chips de la familia ESP32.....	13
Tabla 3: Módulos de la familia ESP32.....	13
Tabla 4: Clasificación de la presión arterial.....	17
Tabla 5: Características de Ionic.....	18
Tabla 6: Atributos y métricas de usabilidad.....	23
Tabla 7: Atributos y entorno de la usabilidad.....	24
Tabla 8: Características del modelo espiral de Boehm.....	26
Tabla 9: Requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación.....	30
Tabla 10: Primera iteración actividades de desarrollo de la aplicación.....	31
Tabla 11: Tabla de evaluación de las funcionalidades de la aplicación.....	33
Tabla 12: Segunda iteración actividades de desarrollo de la aplicación.....	35
Tabla 13: Datos históricos de presión arterial de un paciente.....	37
Tabla 14: Frecuencia de efectividad de la aplicación web de la pregunta 1.....	41
Tabla 15: Frecuencia de efectividad de la aplicación web de la pregunta 2.....	42
Tabla 16: Frecuencia de efectividad de la aplicación web de la pregunta 3.....	42
Tabla 17: Frecuencia de efectividad de la aplicación web de la pregunta 4.....	43
Tabla 18: Frecuencia de efectividad de la aplicación web de la pregunta 5.....	43
Tabla 19: Resumen de frecuencia de efectividad de la aplicación web.....	44
Tabla 20: Frecuencia de eficiencia de la aplicación web de la pregunta 1.....	45
Tabla 21: Frecuencia de eficiencia de la aplicación web de la pregunta 2.....	45
Tabla 22: Frecuencia de eficiencia de la aplicación web de la pregunta 3.....	46
Tabla 23: Frecuencia de eficiencia de la aplicación web de la pregunta 4.....	46
Tabla 24: Frecuencia de eficiencia de la aplicación web de la pregunta 5.....	47
Tabla 25: Resumen de frecuencia de la eficiencia de la aplicación web.....	47
Tabla 26: Frecuencia de satisfacción de la aplicación web de la pregunta 1.....	48
Tabla 27: Frecuencia de satisfacción de la aplicación web de la pregunta 2.....	49
Tabla 28: Frecuencia de satisfacción de la aplicación web de la pregunta 3.....	49
Tabla 29: Frecuencia de satisfacción de la aplicación web de la pregunta 4.....	50
Tabla 30: Frecuencia de satisfacción de la aplicación web de la pregunta 4.....	50
Tabla 31: Resumen de frecuencia de la satisfacción de la aplicación web.....	51
Tabla 32: Fiabilidad de la aplicación web.....	52
Tabla 33: Estadísticas de elemento de la usabilidad de la aplicación web.....	52
Tabla 34: Estadísticas de escala de la usabilidad de la aplicación web.....	53
Tabla 35: Frecuencia de efectividad de la aplicación móvil de la pregunta 1.....	54
Tabla 36: Frecuencia de efectividad de la aplicación móvil de la pregunta 2.....	54
Tabla 37: Frecuencia de efectividad de la aplicación móvil de la pregunta 3.....	55
Tabla 38: Frecuencia de efectividad de la aplicación móvil de la pregunta 4.....	55
Tabla 39: Frecuencia de efectividad de la aplicación móvil de la pregunta 5.....	56
Tabla 40: Resumen de frecuencia de efectividad de la aplicación móvil.....	56
Tabla 41: Frecuencia de eficiencia de la aplicación móvil de la pregunta 1.....	57
Tabla 42: Frecuencia de eficiencia de la aplicación móvil de la pregunta 2.....	58
Tabla 43: Frecuencia de eficiencia de la aplicación móvil de la pregunta 3.....	58
Tabla 44: Frecuencia de eficiencia de la aplicación móvil de la pregunta 4.....	59
Tabla 45: Frecuencia de eficiencia de la aplicación móvil de la pregunta 5.....	59

Tabla 46: Resumen de frecuencia de la eficiencia de la aplicación móvil.....	60
Tabla 47: Frecuencia de satisfacción de la aplicación móvil de la pregunta 1.....	61
Tabla 48: Frecuencia de satisfacción de la aplicación móvil de la pregunta 2.....	61
Tabla 49: Frecuencia de satisfacción de la aplicación móvil de la pregunta 3.....	62
Tabla 50: Frecuencia de satisfacción de la aplicación móvil de la pregunta 4.....	62
Tabla 51: Frecuencia de satisfacción de la aplicación móvil de la pregunta 5.....	63
Tabla 52: Resumen de frecuencia de la satisfacción de la aplicación móvil.....	63
Tabla 53: Fiabilidad de la aplicación móvil	64
Tabla 54: Estadísticas de elemento de la usabilidad de la aplicación móvil	65
Tabla 55: Estadísticas de escala de la usabilidad de la aplicación móvil.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Número de aplicaciones mHealth en las tiendas de aplicaciones.....	9
Figura 2: Número de descargas de aplicaciones mHealth.....	10
Figura 3: Categorías de sensores relevantes para aplicaciones mHealth	11
Figura 4: ESP32-PICO-KIT V4.1	14
Figura 5: ESP32 DevKitC V4	15
Figura 6: ESP-WROVER-KIT V4.1	15
Figura 7: Conexión a la base de datos MongoDB.....	20
Figura 8: Framework de usabilidad (ISO 9241-11)	22
Figura 9: Función sinusoidal de la presión sistólica	39
Figura 10: Función sinusoidal de la presión diastólica	40
Figura 11: Efectividad de la aplicación web	44
Figura 12: Eficiencia de la aplicación web	48
Figura 13: Satisfacción de la aplicación web	51
Figura 14: Efectividad de la aplicación móvil	57
Figura 15: Eficiencia de la aplicación móvil.....	60
Figura 16: Satisfacción de la aplicación móvil	64
Figura 17: Encuesta aplicada a un usuario médico	72
Figura 18: Diagrama de casos de uso UML.....	73
Figura 19: Vista de inicio de sesión de la aplicación web	74
Figura 20: Vista del dashboard disponible para el administrador.....	74
Figura 21: Vista del dashboard disponible para el médico.	75
Figura 22: Vista del dashboard disponible para el paciente.....	75
Figura 23: Vista del dashboard disponible para el familiar.	76
Figura 24: Vista del monitoreo del paciente.	76
Figura 25: Vista de pantalla de inicio de la aplicación web.....	77
Figura 26: Vista de inicio de sesión de la aplicación móvil.....	77
Figura 27: Vista módulos disponibles para el familiar.	78
Figura 28: Vista módulos disponibles para el médico y familiar.....	78
Figura 29: Vista pacientes delegados disponible para médico y familiar.	79
Figura 30: Vista de los registros del monitoreo.	79
Figura 31: Vista de la gráfica de los registros disponibles para todos los usuarios.	80
Figura 32: Vista de los dispositivos bluetooth conectados disponibles los pacientes....	80
Figura 33: Vista de los hospitales registrados.....	81
Figura 34: Notificación al correo electrónico por incremento de la presión arterial	81
Figura 35: Notificación al correo electrónico por índice de presión arterial alta.....	82

RESUMEN

La evolución de las tecnologías de la información y comunicación ha revolucionado todos los campos de estudio incluyendo las áreas de la salud. Esto ha dado origen a la telemedicina que es utilizada para realizar telediagnósticos, teleconsultas, teleconferencias, telesalud, y almacenamiento digital de documentos médicos.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), el desarrollo de aplicaciones móviles mHealth están destinadas directa o indirectamente a mejorar los comportamientos de salud, la calidad de vida y el bienestar de las personas.

Según mHealth App Economics 2017/2018 el tamaño del mercado es muy grande para el desarrollo de aplicaciones mHealth que se encuentran destinadas al tratamiento de enfermedades cardiovasculares y de hipertensión en comparación con las enfermedades de diabetes, depresión y obesidad.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo desarrollar un aplicativo web/móvil en el campo de la telemedicina, para brindar asistencia médica ambulatoria en tiempo real a pacientes con hipertensión. Para ello se revisó historias clínicas de pacientes para recoger los datos de presión arterial, se realizó la respectiva emulación por medio de un análisis de regresión.

En el capítulo I, se realizó una revisión de la literatura extraída de journals, e-Books, tesis, páginas web especializadas en temas relacionados a aplicaciones web y móviles utilizadas en el monitoreo de pacientes en tiempo real.

En el capítulo II, se utilizó el modelo espiral de Boehm para el desarrollo del aplicativo web/móvil para el monitoreo de pacientes con hipertensión, el modelo establece en las etapas de desarrollo realizar evaluaciones y mejoras en las funcionalidades del software.

En el capítulo III, una vez finalizado el desarrollo del aplicativo web/móvil se procedió con la emulación de datos en tiempo real de la presión arterial, además se utilizó la norma ISO 9241-11 para la evaluación de los criterios de usabilidad.

Palabras clave: Aplicaciones móviles, módulo ESP32, hipertensión, telemedicina, monitoreo presión arterial.

ABSTRACT

The evolution of information and communication technologies has revolutionized all fields of study, including health areas. This situation has given rise to telemedicine that is used to perform tediagnosis, teleconsultations, teleconferences, telehealth, and digital storage of medical documents.

According to the World Health Organization (WHO), the development of Health mobile applications is directly or indirectly aimed to improve health behaviors, quality of life, and people's well-being.

According to mHealth App Economics 2017/2018, the market size is considerable for the development of mHealth applications that are intended for the treatment of cardiovascular diseases and hypertension compared to diabetes, depression, and obesity diseases.

This research work aims to develop a web / mobile application in the field of telemedicine to provide real-time ambulatory medical assistance to patients with hypertension. For this reason, medical records of some patients were reviewed to collect the blood pressure data, and the respective emulation was performed by means of a regression analysis.

In Chapter I, a review of the literature extracted from journals, e-Books, theses, web pages specialized in topics related to web and mobile applications used in real-time patient monitoring was performed.

In Chapter II, Boehm's spiral model was used for the development of the web / mobile application for monitoring patients with hypertension. The model establishes in the stages of development evaluations and improvements in the functionalities of the software.

In Chapter III, once the development of the web / mobile application was completed, the real-time data emulation of blood pressure was performed, in addition to the ISO 9241-11 standard for the evaluation of usability criteria.

Keywords: Mobile applications, ESP32 module, hypertension, telemedicine, blood pressure monitoring.



Reviewed by: Solís, Lorena

ENGLISH TEACHER



INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el estudio realizado por Carrera et al. la hipertensión es uno de los factores de riesgo más importantes en las enfermedades cardiovasculares, siendo la principal causa de muerte en todo el mundo. Según el estudio la hipertensión afecta aproximadamente al 20% de la población adulta, este porcentaje aumenta con el transcurso de los años. Por esta razón es muy importante realizar programas de salud preventiva a través del monitoreo constante de los pacientes con esta enfermedad lo cual representa un desafío para los centros de salud.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su informe general sobre la hipertensión en el mundo (2013), esta enfermedad afecta a mil millones de personas, y puede provocar infartos de miocardio y accidentes cerebrovasculares, los investigadores calculan que la hipertensión es la causa por la que mueren anualmente nueve millones de personas.

Según estudios en Latinoamérica los pacientes mayores a 35 años sobrellevan esta enfermedad con un rango del 26 % al 42 % y aproximadamente tan solo el 47 % de esta población no recibe un control adecuado de la hipertensión arterial o tienen un déficit en el tratamiento (Coca, López, Thomopoulos, & Zanchetti, 2017).

El Ecuador posee una de las tasas más altas de hipertensión arterial en América Latina siendo la primera causa de muerte en el país, las tasas oscilan entre el 38 % al 45 % y tan solo la mitad de esta población tiene conocimiento y lleva un adecuado control de la presión arterial de acuerdo a los datos emitidos por la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición.

Por esta razón, es muy importante que junto a los programas de salud relacionados al tratamiento de paciente con hipertensión se desarrolle aplicativos informáticos de telemedicina para el monitoreo de pacientes hipertensos, para el caso de estudio se revisó los datos historiales de un paciente del Hospital Universitario Andino de Riobamba con dicha enfermedad y se realizó la emulación por medio de un análisis de regresión, que permite demostrar el monitoreo de la presión arterial desde cualquier lugar en el que se encuentre un paciente utilizando un dispositivo móvil, lo cual permite ofrecer asistencia ambulatoria, apoyar a los médicos en la toma de decisiones oportunas en situaciones de emergencia.

La forma en que se realiza el monitoreo de la presión arterial de los pacientes es en tiempo real, es decir, el monitoreo se realiza en determinados momentos en el día de acuerdo al requerimiento del médico, o cuando la presión arterial del paciente presenta medidas críticas y requiera un constante monitoreo, en el momento que esto ocurra se envía una notificación dando aviso al círculo de salud que comprende el familiar y el médico del paciente que requiere una atención inmediata.

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se utiliza microcontroladores, sensores y tecnologías de cloud computing para establecer la conexión entre los dispositivos y los servidores en la nube con la finalidad de visualizar los datos emitidos por los dispositivos en el aplicativo.

Una de las tecnologías utilizadas para el monitoreo de los pacientes en tiempo real es el módulo ESP32, la misma que permite transmitir los datos de la presión arterial de los pacientes mediante las tecnologías estándar WiFi 802.11 b/g/n. y Bluetooth.

La arquitectura utilizada para el desarrollo de software es MEAN STACK lo que hace referencia a las aplicaciones web desarrolladas con MongoDB la misma que es una base de datos NoSQL, Node.js que permite interactuar con la base de datos, Express es el framework JavaScript que permite manejar las peticiones del servidor y Angular que se ejecuta en motores JavaScript de navegador, es decir el cliente; para el desarrollo de la aplicación se utiliza el framework Ionic.

El modelo de desarrollo de software que se utiliza en la aplicación es el modelo espiral de Boehm conjuntamente con el patrón de diseño Modelo Vista Controlador (MVC) que permite a la aplicación ser escalable, adaptarse a las necesidades del entorno y reducir los riesgos.

1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problema

En América Latina del 26% al 42% de los pacientes mayores a 35 años padecen de hipertensión arterial y aproximadamente el 47% de esta población no recibe un control adecuado o tienen un déficit en el tratamiento.

En el Ecuador 1 de cada 3 adultos mayores a 25 años sufre de hipertensión arterial, de esta población solo el 40% tiene conocimiento y un porcentaje menor al 10% recibe tratamiento de esta enfermedad de acuerdo a los datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición.

Los médicos en relación a la medición de la presión arterial de sus pacientes lo realizan de la manera tradicional, la información es registrada en fichas impresas, no se dispone de una aplicación informática de telemonitoreo que evalúe en tiempo real la hipertensión arterial de los pacientes, y por lo tanto carece de una base de datos con información que permita establecer patrones de comportamiento y posibles alertas.

Los obstáculos relacionados con los pacientes surgen debido a las limitaciones al acceder al sistema de atención de salud y por lo tanto no recibe un control adecuado de su presión arterial esto se debe a varios factores como la imposibilidad de que un mismo profesional de la salud atienda al paciente de manera regular, las dificultades de transporte para acceder a las consultas médicas, problemas de comunicación entre el paciente y el médico, entre otros factores.

Los pacientes al realizar sus diferentes actividades diarias no tienen el tiempo suficiente para asistir al hospital y chequear su presión arterial, tomando el riesgo a que esta enfermedad avance silenciosamente y se generen consecuencias mucho más graves desarrollando enfermedades renales, cerebrovasculares y otras enfermedades cardiovasculares.

1.2. Justificación

Las tecnologías de la información están involucradas en todas las áreas de estudio y las ciencias de la salud no es la excepción, pues facilitan las labores que realizan los doctores en los centros de salud como: asistencia médica, consultas, registros del historial clínico y una comunicación directa con los pacientes.

La digitalización de los registros médicos representa una mayor productividad y eficiencia en los centros de salud puesto que, reduce los costos de atención ambulatoria y facilita el acceso a la información de los pacientes.

En la telemedicina, por otra parte, permite monitorear a los pacientes sus signos vitales utilizando las tecnologías de la información evitando que enfermedades silenciosas como la hipertensión se desarrollen, mejorando de esta manera la calidad de vida de los pacientes.

Por este motivo se pretende incorporar una aplicación móvil para el monitoreo en tiempo real de pacientes con hipertensión utilizando la tecnología inalámbrica ESP32; a través de la aplicación móvil se realiza el procesamiento y la obtención de los datos de la presión arterial para que finalmente los profesionales realicen un análisis y tomen decisiones oportunas apoyando sus diagnósticos.

La aplicación móvil se integra con una plataforma web que permite la participación de actores en un círculo de salud: médicos, centros de salud, paciente, familiares, para garantizar el monitoreo y asistencia ambulatoria de los pacientes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil para el monitoreo de pacientes con hipertensión arterial, utilizando la tecnología ESP32.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar el marco teórico de investigaciones relacionadas a las aplicaciones móviles (e-health) para el monitoreo de pacientes con hipertensión.
- Realizar el análisis y diseño de la aplicación móvil para el monitoreo de pacientes con hipertensión arterial, utilizando la tecnología ESP32.
- Evaluar los criterios de usabilidad de la aplicación móvil establecidos en la norma ISO 9241-11.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Telemedicina

American Telemedicine Association propone la siguiente definición “La telemedicina es el intercambio de información médica entre dos sitios a través de comunicaciones electrónicas y su utilización para mejorar el estado de salud clínica de un paciente. Incluye una variedad cada vez mayor de aplicaciones y servicios que utilizan videoconferencias, correo electrónico, teléfonos inteligentes, comunicaciones inalámbricas y otras formas de tecnología de las telecomunicaciones" (Chueke, 2015).

En la actualidad con el avance de las tecnologías de la información ha permitido que las ciencias de la salud se involucren con ellas, dando lugar a la telemedicina, cuya práctica médica consiste en brindar salud a los pacientes distantes geográficamente, pero conectados por sistemas de tecnología de información y comunicación (Kuzmar, Rizo, & Cortés, 2014).

Gracias a las TIC, los médicos y otros profesionales sanitarios pueden realizar chequeos en tiempo real o diferido los estados de salud de sus pacientes, recurriendo a técnicas de almacenamiento y retransmisión de datos (Kuzmar, Rizo, & Cortés, 2014).

Múltiples estudios ratifican el buen impacto que tienen las TIC aplicadas a la atención domiciliaria que en gran medida facilita la calidad asistencial de los pacientes especialmente crónicos (Kuzmar, Rizo, & Cortés, 2014).

2.1.1. Modos generales de aplicación de la Telemedicina

Los objetivos más importantes de la telemedicina son facilitar los diagnósticos de manera oportuna y con tratamientos menos costosos debido a una detección temprana de la enfermedad, previniendo y controlando a su vez la expansión de enfermedades transmisibles y no transmisibles, además se busca agilizar la atención en la salud (Linares , Linares, & Herrera, 2018).

De esta manera se han establecido tres modos generales de aplicación de la telemedicina, a saber:

2.1.1.1. Modo store-and-forward

Representa la recolección de datos médicos y su transmisión posterior para una interpretación. Este sistema brinda la posibilidad de capturar y almacenar imágenes, datos de texto, y cortas grabaciones de audio y video. Además, elimina la necesidad de que el paciente y el consultante estén disponibles al mismo tiempo, con la desventaja de que la respuesta no se obtiene inmediatamente (Linares , Linares, & Herrera, 2018).

2.1.1.2. Modo real-time

Métodos sincronizados de intercambio de información donde la única barrera entre los participantes es la distancia, pues permite el diálogo en tiempo real, lo que garantiza que las respuestas requeridas para la toma de decisiones sean inmediatas, y favorece además la interacción directa con el paciente (Linares , Linares, & Herrera, 2018).

2.1.1.3. Modo híbrido

Los datos pueden ser enviados previamente al consultor y el examen en tiempo real del paciente se realiza solo si es necesario (Linares , Linares, & Herrera, 2018).

2.1.2. Clasificación de la telemedicina según el tipo de servicio

- **Telesalud:** La telesalud puede definirse como la prestación de servicios relacionados con la salud a distancia utilizando las telecomunicaciones. A diferencia del enfoque en el tratamiento que caracterizó la telemedicina, la telesalud trata de abarcar un enfoque más holístico de la atención médica en la sofisticación de la tecnología para monitorear los resultados, transmitir información y promover el aprendizaje que evitará el deterioro de la salud. Las ventajas de la telesalud incluyen la evaluación de los datos en tiempo real, y cuando se combinan con las estrategias de toma de decisiones pueden acelerar la entrega de las mejores prácticas (Darshi & Kenneth , 2014).
- **Telediagnóstico:** Es la técnica que mayor impacto tiene en la actualidad, debido a las múltiples ventajas que se presenta y el amplio desarrollo de la tecnología. Consiste en evaluar o asistir en la evaluación médica de un paciente desde un centro hospitalario que se encuentre distante, haciendo uso de las telecomunicaciones.
- **Teleconsulta:** Tiene la finalidad de facilitar el acceso al conocimiento y consejo de un experto remoto.

- **Teleconferencia:** Consiste en convocar una reunión de especialistas, quienes se encuentren geográficamente distantes unos de otros, a fin de debatir situaciones o discutir casos.
- **Almacenamiento digital:** Consiste en almacenar la información de forma digital documentos médicos tales como: fichas médicas, placas radiológicas o exámenes, para agilizar procesos internos y disminuir el espacio físico que ocupen (Linares , Linares, & Herrera, 2018) (Kuzmar, Rizo, & Cortés, 2014).

2.1.3. Modalidades de la telemedicina

- **Tele-monitoreo:** Hace referencia a la vigilancia de los parámetros fisiológicos y biométricos de un paciente. En los últimos años la telemonitorización ha ido creciendo en el campo de la medicina con la finalidad de favorecer un rol proactivo y autónomo en el paciente en el tratamiento de su enfermedad, además de promover un enfoque basado en la prevención (Gallardo, Franco, & Urtubey, 2019).
- **Trabajo cooperativo:** Cuando se realiza una conexión en red de profesionales en la que comparten conocimientos, base de datos e información para tomar decisiones acertadas en el tratamiento de sus pacientes.
- **Teleasistencia:** Apunta a la provisión de cuidados de salud a pacientes en condiciones de vida diaria, normalmente es interactiva, e incluye telealarmas.
- **Telecirugía:** Cuenta con un número creciente de realizaciones experimentales haciendo un uso importante de tele-robótica, visión artificial y realidad virtual.

2.2. Aplicaciones móviles en salud

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), el desarrollo de aplicaciones móviles mHealth están destinadas directa o indirectamente a mejorar los comportamientos de salud, la calidad de vida y el bienestar de las personas.

La Salud móvil (mHealth) incluye el uso de dispositivos móviles en la recolección, entrega y acceso a la información sobre salud por parte de los profesionales, los investigadores y los pacientes; el seguimiento en tiempo real de los pacientes, y la provisión directa de atención a través de la telemedicina móvil (Alonso & Mirón, 2017).

Según el informe The mobile health global market report 2013-2017: the Commercialization of mHealth apps, el 70 % de las aplicaciones son destinadas a

pacientes y el 30 % son aplicaciones de uso profesional. De acuerdo con el estudio mHealth App Developer Economics 2016, el mercado de aplicaciones de mHealth se está desarrollando rápidamente: se han añadido casi 100 000 aplicaciones mHealth desde el año 2015, con un total de 259 000 aplicaciones sobre salud actualmente disponibles en las principales tiendas de aplicaciones. Sin embargo, el umbral hasta el cual un paciente está dispuesto a pagar por una aplicación son 10 dólares como máximo (mHealth App Developer Economics, 2016).

Entre todas las apps sobre salud, el monitoreo de seguimiento de una enfermedad fue el principal desarrollo de aplicaciones de mHealth para pacientes: En general, las aplicaciones con más impacto futuro serán aquellas que posibiliten recopilar información, recibir diagnóstico y tratamiento, así como las dedicadas a la prevención (Alonso & Mirón, 2017).

Google Play Store en el año 2017 fue la tienda número uno para aplicaciones de salud, superando la tienda App Store. Las 325,000 aplicaciones de mHealth equivalieron a 3,7 mil millones de descargas de aplicaciones. En comparación con el año pasado, este es un aumento del 16%. El crecimiento de los números de descarga se debió principalmente a las descargas de Android e iOS. Android por su parte aportó la mayor proporción de descargas de aplicaciones mHealth como se muestra en la Figura 1 (mHealth App Economics, 2017).

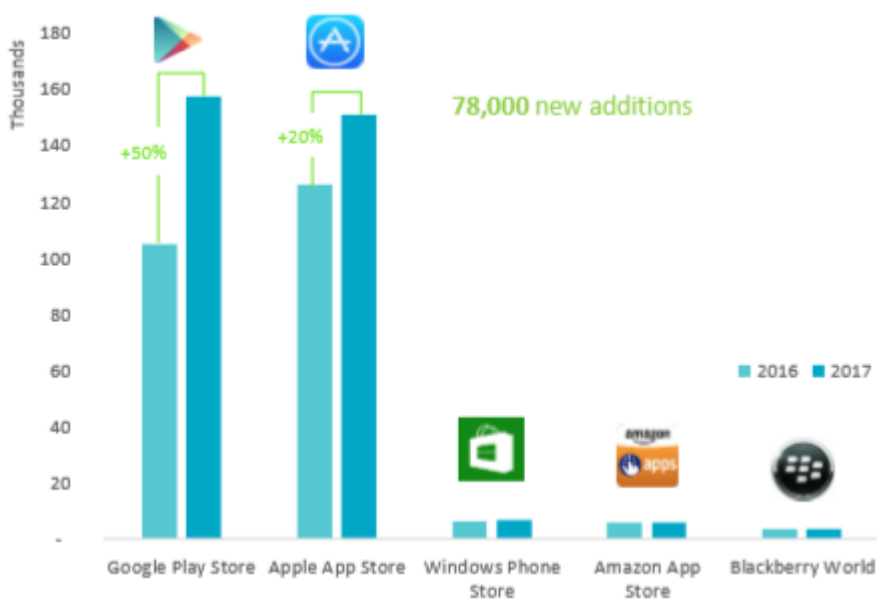


Figura 1: Número de aplicaciones mHealth en las tiendas de aplicaciones
Fuente: mHealth App Economics, 2017

El 50% de aplicaciones mHealth publicadas están utilizando servicios de agregación de API, cabe mencionar que en este tipo de aplicaciones Apple Healthkit es el servicio más popular, con un 63% de los usuarios que optan por Apple. El número dos es Google Fit con un 45%, todos los demás proveedores de servicios API son utilizados en un 20% o menos: Open mHealth, Samsung Health, Human API, Validic y Qualcomm Life como se muestra en la Figura 2 (mHealth Developer Economics, 2018).

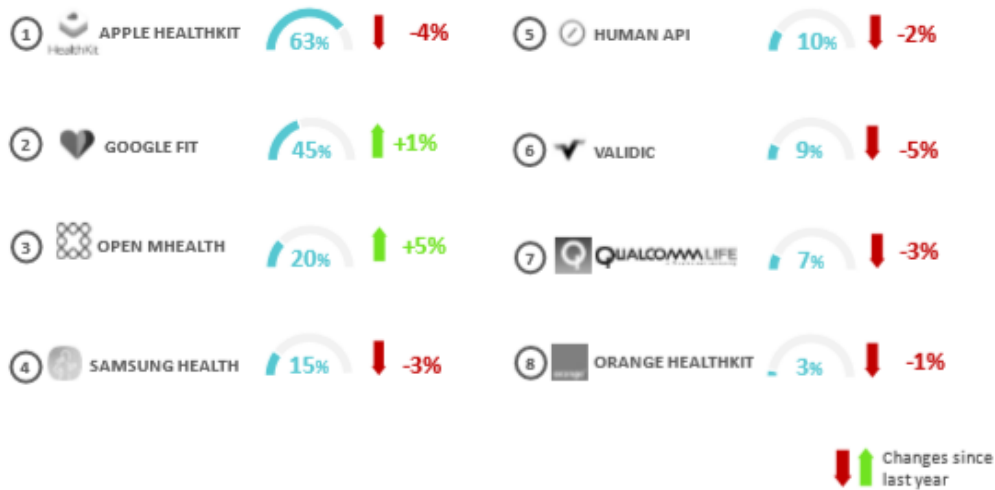


Figura 2: Número de descargas de aplicaciones mHealth
Fuente: mHealth Developer Economics, 2018

De la misma manera también se han desarrollado aplicaciones que utilizan EHR (Electronic Health Record) que actualmente, el 49% de todas las aplicaciones móviles mHealth publicadas lo están integrando.

La conectividad a los sensores permitirá a los desarrolladores de aplicaciones mHealth incorporar datos de usuario/paciente medidos automáticamente en sus aplicaciones. El 65% de los expertos en salud digital califican los sensores integrados como los más relevantes. Los dispositivos portátiles como las pulseras seguirán siendo relevantes según el 52% de los desarrolladores de aplicaciones de mHealth como se muestra en la Figura 3.

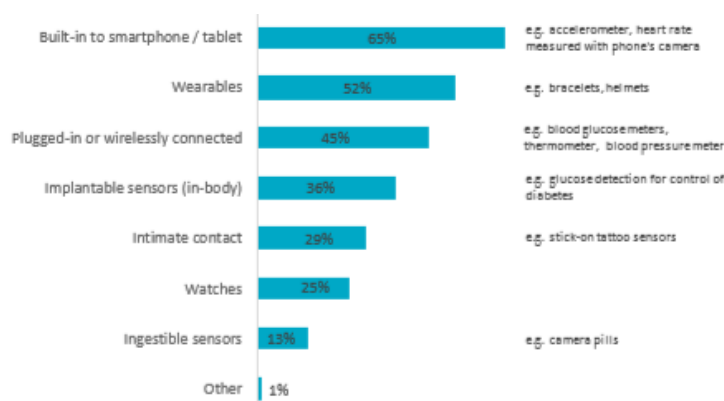


Figura 3: Categorías de sensores relevantes para aplicaciones mHealth
Fuente: mHealth Developer Economics, 2018

2.2.1. Aplicaciones móviles de control de hipertensión.

En la Tabla 1 se observan aplicaciones de monitoreo de la presión arterial que se encuentran disponibles en las tiendas de Play Store y App Store. Sin embargo, solo la aplicación BP es la única que integra un chat para la comunicación entre el médico y el paciente, en el caso de Finger BP Prank esta aplicación cuenta únicamente con el muestreo automático de los pulsos por medio de un dispositivo externo (Cuadrado, y otros, 2016).

Por lo tanto, el desarrollo de una aplicación que permita la comunicación médico-paciente en tiempo real, visualizar en forma gráfica la presión arterial y almacenar los datos históricos del paciente, además generar una alerta en caso de emergencia al familiar y al médico es fundamental para una atención personalizada y toma de decisiones oportuna.

Tabla 1: Aplicaciones móviles de control de hipertensión

Aplicación	Características						S.O.
	Chat Médico-Paciente	Gráficas de la Presión Arterial	Ubicación de Centros de Salud	Integración con dispositivos externos	Datos Históricos	Alertas de Emergencia Médico Familiar	
QardioArm	x	✓	x	✓	✓	x	Android/ iOS
Alerhta	x	✓	x	x	✓	x	Android/ iOS
BP	✓	✓	✓	✓	✓	x	Android/ iOS

BP Lite	x	✓	x	x	✓	x	iOS
iBP	x	✓	x	x	✓	x	iOS
IBPTouch	x	✓	x	x	✓	x	iOS
BPMonitor	x	✓	x	x	✓	x	iOS
iCare BP Monitor	x	✓	x	x	✓	x	Android
BP Watch	x	✓	x	x	✓	x	Android
Finger BP Prank	x	x	x	✓	x	x	Android

Elaborado por: Los autores

2.3. Tecnología ESP32

Mediante este dispositivo se podrá acceder a la red o plataformas IoT para almacenar sus datos, además el dispositivo tiene la capacidad de leer los datos de la presión arterial y una vez desarrollada la aplicación se visualiza el monitoreo de los pacientes (Herranz, 2019).

El ESP32 es un System On Chip igualmente diseñado por Espressif Systems, pero fabricado por TSMC, a su vez dispone de varios modelos y cada uno con diferentes características.

La empresa desarrolladora de este dispositivo lo define como una solución para microcontroladores que no dispongan de conectividad porque la familia ESP32 se los puede utilizar como puente para el acceso a la red o soluciones IoT. Además, debido a las capacidades que tiene estos dispositivos se los puede utilizar para el desarrollo de aplicaciones en tiempo real.

2.3.1. Chips ESP32

Es importante diferenciar entre chip, módulo y tarjeta de desarrollo, aunque comúnmente se le pueda llamar módulo ESP32 o chip ESP32. El módulo suele llevar al chip integrado, más un cristal de 40Mhz, memoria flash, y una antena dependiendo del modelo. La tarjeta de desarrollo suele integrar al módulo en un PCB que permite conexión serie/USB, alimentación por USB, botones de boot reset y pines soldados a la placa. En la Tabla 2 se detallan los chips, módulos y tarjetas de desarrollo del ESP32 (Espressif, 2019).

Tabla 2: Chips de la familia ESP32

Ordering code	Core	Embedded flash	Connection	Package
ESP32-D0WDQ6	Dual core	No embedded flash	Wi-Fi b/g/n + BT/BLE Dual Mode	QFN 6*6
ESP32-D0WD	Dual core	No embedded flash	Wi-Fi b/g/n + BT/BLE Dual Mode	QFN 5*5
ESP32-D2WD	Dual core	16-Mbit embedded flash (40MHz)	Wi-Fi b/g/n + BT/BLE Dual Mode	QFN 5*5
ESP32-S0WD	Dual core	No embedded flash	Wi-Fi b/g/n + BT/BLE Dual Mode	QFN 5*5

Fuente: Espressif, 2019

2.3.2. Módulos ESP32

Esta es una familia de módulos basados en ESP32 con algunos componentes clave integrados, que incluyen un oscilador de cristal y un circuito de adaptación de antena. Los módulos constituyen soluciones listas para integrarse en productos finales. Si se combina con algunos componentes adicionales, como una interfaz de programación, resistencias de arranque y pin headers, estos módulos también se pueden usar para evaluar la funcionalidad de ESP32 (Espressif, 2019).

En la Tabla 3, se describen los principales módulos que han sido desarrollados por Espressif Systems.

Tabla 3: Módulos de la familia ESP32

Módulo	Chip	Flash	RAM	Ant.
ESP32-WROOM-32	ESP32-D0WDQ6	4MB	-	MIFA
ESP32-WROOM-32D	ESP32-D0WD	4MB	-	MIFA
ESP32-WROOM-32U	ESP32-D0WD	4MB	-	U.FL
ESP32-SOLO-1	ESP32-D0WD	4MB	-	MIFA
ESP32-WROVER	ESP32-D0WDQ6	4MB	4MB	MIFA

ESP32- WROVER-I	ESP32- D0WDQ6	4MB	4MB	U.FL
--------------------	------------------	-----	-----	------

Fuente: Herranz, 2019

2.3.3. Tarjetas de desarrollo

Dependiendo de la funcionalidad prevista, las diferentes placas de desarrollo cuentan con:

- Acceso a diferentes pines ESP32 GPIO.
- Diferentes interfaces: USB, JTAG.
- Diferentes periféricos: paneles táctiles, pantallas LCD, ranuras para tarjetas SD, encabezados hembra para módulos de cámara, etc.

2.3.3.1. ESP32-PICO-KIT V4.1

Esta es la placa de desarrollo basada en ESP32 más pequeña disponible. Cuenta con todos los componentes para la conexión directa al puerto USB de una computadora, así como pin headers para enchufar a una mini placa de pruebas (Espressif, 2019).

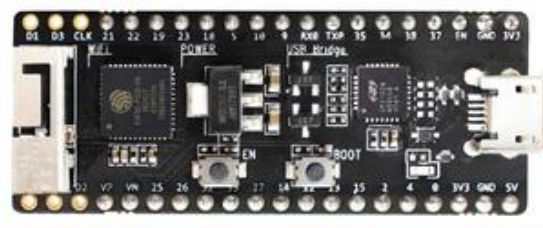


Figura 4: ESP32-PICO-KIT V4.1
Fuente: Espressif, 2019

2.3.3.2. SP32-PICO-KIT V4.1

Esta es una placa de desarrollo pequeña y conveniente que presenta:

- Módulo ESP32-WROOM-32.
- Interfaz de programación USB a serie que también proporciona fuente de alimentación para la placa.
- encabezados de pin.
- botones para restablecer y activar el modo de descarga de firmware.
- algunos otros componentes

En comparación con el anterior ESP32 Core Board V2 / ESP32 DevKitC, esta versión puede integrar el módulo de la serie ESP32-WROVER en lugar de ESP32-WROOM-32 y tiene el chip CP2102N que admite velocidades de transmisión más rápidas (Espressif, 2019).

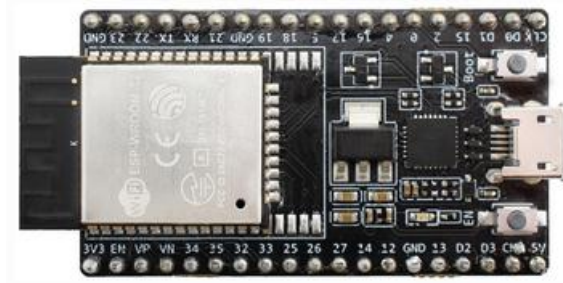


Figura 5: ESP32 DevKitC V4
Fuente: Espressif, 2019

2.3.3.3. ESP-WROVER-KIT V4.1

Esta tarjeta placa de desarrollo presenta las siguientes características:

- Convertidor USB a serie de doble puerto para programación
- Interfaz JTAG para depuración
- Ranura para tarjeta microSD
- Pantalla LCD SPI de 3.2 "
- Encabezados hembra para un módulo de cámara
- LED RGB para diagnósticos
- 32.768 kHz XTAL para RTC interno para operalos en modos de baja potencia

La alimentación se puede suministrar a través de USB o mediante una toma de alimentación estándar de 5 mm. Se puede seleccionar una fuente de alimentación con un puente y se puede encender/apagar con un interruptor separado.

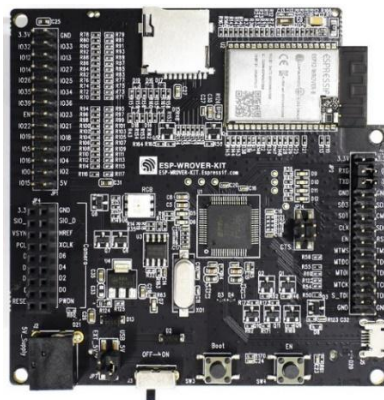


Figura 6: ESP-WROVER-KIT V4.1
Fuente: Espressif, 2019

2.4. Hipertensión arterial

Es una afección crónica considerada como el factor de riesgo para la población adulta que provoca las principales causas de muerte en los países desarrollados y subdesarrollados, el grupo de personas que la padecen están propensos a sobrellevar enfermedades como: cardiopatías isquémicas, accidentes cerebrovasculares, insuficiencias cardiacas y enfermedades renales crónicas (Pérez, León, & Fernández, 2011).

El tratamiento de la hipertensión tiene grandes beneficios, pues ayuda a prevenir complicaciones y reducir el riesgo de mortalidad si eres adulto, entre los factores que se han identificado que provocan esta enfermedad, se encuentra la alta ingesta de sodio, dietas de grasas saturadas, tabaquismo, inactividad física, obesidad, dislipidemias y diabetes afectando primordialmente a la población adulta (Campos, y otros, 2013).

La insuficiencia de monitoreo de la presión arterial en el hogar, la baja mediación y el fracaso de los proveedores para intensificar la terapia con medicamentos antihipertensivos, se han identificado como barreras clave para mejorar el control de la hipertensión. También esta afección ha hecho que la misma coexista con otros factores de riesgo cardiovascular como la dislipidemia, tabaquismo, obesidad, sedentarismo o la diabetes mellitus (Pérez, León, & Fernández, 2011).

Varios autores no tardan en indicar que, la monitorización remota de pacientes mejora la capacidad a los médicos de diagnosticar enfermedades a los pacientes desde entornos como su hogar. Mencionan también que este tipo de sistemas utiliza tecnologías digitales para extraer datos de salud junto con su ubicación y transmitirla a los servidores de atención médica para que esta sea evaluada y se tome las debidas precauciones tanto en casos extremos como en casos sencillos (Vegesna, Tran, Angelaccio, & Arcona, 2017).

2.4.1. Clasificación de la presión arterial

Expertos aseguran que, la población por arriba de los 18 años es hipertensa si esta tiene cifras de 140/90 mmHg o superiores, las cifras menores también pueden llegar a ser sinónimo de hipertensión, se podrá apreciar la guía que clasifica a la hipertensión arterial en la Tabla 4

Tabla 4: *Clasificación de la presión arterial*

Grado	P. A. Sistólica	P. A. Diastólica
Óptima	<120	< 80
Normal	120 – 129	80 – 85
Normal alta	130 – 139	85 – 89
HTA de grado I	140 – 159	90 – 99
HTA de grado II	160 – 170	100 – 109
HTA de grado III	< 180	< 110
HTA de sistólica aislada	> 139	< 89

Fuente: López & Macaya, 2009

2.4.2. Diagnóstico

Según varios comités indican que, si la PAS es igual o superior a 140 mmHg y/o la PAD es 90, de 2 o más tomas dentro de la misma visita y en tres visitas en días posteriores, se aceptaría el diagnóstico de hipertensión. Es muy habitual que en pacientes de 55 años se detecte el mismo problema (López & Macaya, 2009).

2.4.3. Tele-monitoreo de la presión arterial

La incorporación de telemonitorización con medición de la presión arterial a través de tecnologías cableadas e inalámbricas proporciona un método para reducir el sesgo de informes. Esta sofisticación de los informes podría permitir que las tecnologías de telesalud cambien drásticamente la relación entre el paciente y el proveedor de atención médica en el tratamiento de la hipertensión (Darshi & Kenneth , 2014).

2.5. Herramientas para el desarrollo de la aplicación

El software trabaja con el Framework Express para el aplicativo web y el Framework Ionic para el aplicativo móvil, estas herramientas fueron seleccionadas por su parentesco para trabajar con la tecnología ESP32.

Para obtener datos de la presión arterial sistólica y diastólica se utiliza Mqtt que configurado al servidor Node.js permite compartir datos tanto para la aplicación móvil como para la web, a su vez extraer y guardar los datos en MongoDB.

Cabe mencionar que tanto el Angular como Ionic usan las mismas herramientas: html5, typescript y scss. Además, la herramienta Visual Studio Code permite la gestión de Node.js y Git siendo la herramienta clave para el desarrollo del aplicativo.

2.5.1. Framework Ionic

Es una herramienta de código abierto, diseñado para crear aplicaciones móviles y de escritorio híbridas, es decir, es posible integrarlo con tecnologías web estandarizadas, este framework está orientado a la experiencia del usuario, siendo la razón principal para que Ionic se centre en hacer aplicativos sencillos que facilite la comprensión del usuario (Ionic Framework, 2019).

Sus características se pueden observar en la Tabla 5.

Tabla 5: *Características de Ionic*

Características	Descripción
Multiplataforma	Funciona en múltiples plataformas: Android, iOS nativo, escritorio y web.
Basado en estándares web	Construido sobre HTML, CSS y JavaScript.
Diseño atractivo	Su diseño responsivo se debe en gran parte al funcionamiento en múltiples plataformas
Sencillez	Construido pensando en la simplicidad, es decir, es más fácil su aprendizaje y accesibilidad

Fuente: Ionic Framework, 2019

2.5.2. Visual Studio Code

Es una plataforma gratuita y de código abierto, ligero y potente a la vez. Además, se encuentra disponible para las distintas plataformas como Windows, MacOS y Linux, de igual manera tiene una amplia variedad de extensiones para lenguajes de programación como para los tiempos de ejecución. También tiene soporte para JavaScript, TypeScript y Node.js. Es sin duda una herramienta potente y útil para el desarrollo de aplicaciones. En su interfaz gráfica incluye una consola donde se puede abrir una terminal de Windows, MacOS o Linux (Visual Studio Code, 2019).

2.5.3. Git

Es un controlador de versiones que viene incluido en Visual Studio Code, pero no es el único que se puede usar porque también se pueden instalar otros controladores de versiones disponibles a través de extensiones en Marketplace de Visual Studio Code. (Visual Studio Code, 2019).

Para hacer énfasis en la potencia que tiene esta plataforma, cabe mencionar que mantiene un soporte para manejar múltiples controladores de versiones simultáneamente y gracias a que su interfaz es amigable con el usuario, se podrá trabajar con más de un proyecto a la vez. Además, a lo largo de su interfaz de trabajo se podrá encontrar un listado de controladores de versiones en la vista control de fuente (Visual Studio Code, 2019).

2.5.4. Node.js

Es una plataforma que facilita la creación de servidores que permiten mantener en ejecución las aplicaciones que sean desplegadas, a la vez permite crear servidores rápidamente y escalables usando JavaScript o TypeScript, por consiguiente, se lo podrá manejar con VS Code con el administrador de paquetes de módulos npm desde la consola cmd o powershell de Windows, es importante mencionar que en el entorno de VS Code se encuentra la vista de la consola de Windows y que además permite administrar más de una consola (Visual Studio Code, 2019).

2.5.5. MongoDB

Es una base de datos no relacional, la característica más reconocida de esta base de datos es que almacena los datos en documentos similares al formato JSON, con la diferencia que aquí se los conoce como BSON (Binary JSON). Como se puede comprender en cuanto a los documentos, estos desempeñan el papel de filas, si lo comparamos con las bases de datos relacionales (Sarasa, 2016).

Mongoose, es una librería que usa MongoDB, la misma que ayuda a simplificar la validación, casteo de datos y la lógica empresarial que van a ser usados, en otras palabras, es un gestor de esquemas y conexiones a la base de datos, que a través de una simple línea de código se puede realizar la conexión como se observa en la Figura 7 (Mongoose, 2019).

```
//Conexion a la base de datos
mongoose.connect( 'mongodb://localhost/' , function( error , response ) {

  if( error ) throw error
  console.log( 'Conectado a la base de datos' )

});
```

Figura 7: Conexión a la base de datos MongoDB
Elaborado por: Los autores

En la parte informática, una base de datos hace referencia a una colección de datos almacenados en algún servidor que proveerá los datos a varios usuarios usando como medio otros aplicativos independientes de los datos. De igual importancia, esto también se lo puede reconocer en Android, pero en este caso se podrá mencionar que las bases de datos son privadas y únicamente una aplicación puede acceder a ella para leer y escribir datos (Robledo, 2016).

2.5.6. Android

Es un sistema operativo para dispositivos móviles que nace de la empresa Android Inc. en el año 2003 y fue comprada por Google en el año 2005. Desde el principio se puede apreciar la constante evolución que ha tenido Android, llena de correcciones, se añaden nuevas actualizaciones con nuevas características, nuevas tecnologías entre otros (León & Galán, 2014).

Para el apartado de compatibilidad con el sistema teóricamente se tiene a consideración que una versión de Android se puede actualizar, pero el problema es la compatibilidad existente entre el sistema operativo y el hardware (León & Galán, 2014).

Los estudios de los avances del hardware en dispositivos móviles en la gama alta podrán ser un mejor apoyo para el desarrollo de aplicaciones innovadoras, y si lo comparamos con el caso que se trata en esta investigación el campo seguirá expandiéndose si se establece conexiones con otros dispositivos (Rodríguez, Vera, Martínez, & Verbel de la Cruz, 2014)

2.6. Usabilidad

La usabilidad de una aplicación de software se refiere a la facilidad con que los usuarios pueden utilizar la misma para alcanzar un objetivo concreto. Este nivel de usabilidad no puede medirse o ser evaluado directamente, debido a que depende de diferentes factores. Formalmente, la definición más utilizada o reconocida de usabilidad es la que se expone en la norma ISO 9241-11, en la cual usabilidad se describe como el grado con el que un producto puede ser usado por usuarios específicos para alcanzar objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción, en un contexto de uso específico (Enríquez & Casas, 2013).

2.6.1. Atributos de la usabilidad

La usabilidad está relacionada con los atributos que posee una aplicación o un sistema, como también de su contexto, por esta razón se entiende como atributo a la característica o propiedad de una aplicación de software y de acuerdo con la norma ISO 9241-11 los atributos considerados son los siguientes

- **Efectividad:** Precisión y completitud con la que los usuarios usan la aplicación para alcanzar objetivos específicos.
- **Eficiencia:** Mide los recursos empleados para lograr el objetivo. Los indicadores de eficiencia incluyen el tiempo de finalización de tareas y tiempo de aprendizaje
- **Satisfacción:** Grado con que el usuario se siente satisfecho mediante actitudes al positivas al usar la aplicación para alcanzar los objetivos.

Para poder especificar o medir la usabilidad, es necesario descomponer los atributos y el contexto de uso en componentes medibles y verificables. Las relaciones que existen entre el usuario, el producto, los atributos, el contexto de uso y los objetivos que se quieren lograr (Enríquez & Casas, 2013).

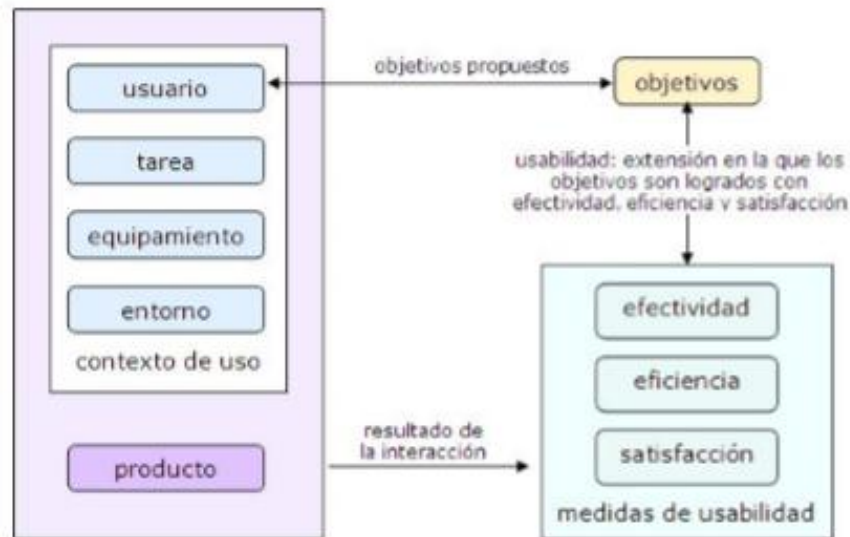


Figura 8: Framework de usabilidad (ISO 9241-11)
Fuente: Enríquez & Casas, 2013

Los distintos puntos de vista de usabilidad provocan una variedad de estructuras de medidas estas estructuras definen los atributos y sus métricas asociadas. Por ejemplo, Jakob Nielsen, define usabilidad en términos de cinco atributos: facilidad de aprendizaje, eficiencia, memorabilidad, errores y satisfacción. Nielsen puntualiza que la importancia de estos atributos variará en función del contexto y de los usuarios finales (Enríquez & Casas, 2013).

A continuación, se detallan los atributos utilizados para medir la usabilidad de una aplicación de software:

- **Facilidad de aprendizaje:** La facilidad con la que los usuarios alcanzan objetivos.
- **Memorabilidad:** La facilidad de memorizar la forma de uso y la facilidad con la que vuelve a usarlo después de un tiempo.
- **Errores:** Los errores que el usuario comete, se debe ofrecer mecanismos para recuperarse de este error.
- **Contenido:** Relacionado al aspecto y formatos usados para mostrar el contenido.
- **Accesibilidad:** Consideraciones por posibles limitaciones físicas, visuales, auditivas, etc.
- **Seguridad:** Mecanismos que controlan la aplicación y los datos.
- **Portabilidad:** Capacidad de integrarlo entre entornos diferentes.
- **Contexto:** Relacionado a los factores o variables del entorno de uso.

2.6.2. Métricas de Usabilidad

Debido a que los atributos de una aplicación son conceptos abstractos, estos no pueden ser directamente medidos. Para medirlos se les asocian distintas métricas, por ejemplo, el atributo eficiencia puede ser evaluado mediante la métrica que calcula el tiempo empleado por un usuario en terminar una tarea específica. Una métrica es un valor numérico o nominal asignado a características o atributos de un objeto computado a partir de un conjunto de datos observables y consistentes con la intuición. En la Tabla 6 se muestran los atributos y métricas asociadas (Enríquez & Casas, 2013).

Tabla 6: *Atributos y métricas de usabilidad*

Atributos	Métricas
Efectividad	Tareas resueltas en un tiempo limitado.
	Porcentaje de tareas completadas con éxito al primer intento.
	Número de funciones aprendidas
Eficiencia	Tiempo empleado en completar una tarea.
	Número de teclas presionadas por tarea.
	Tiempo transcurrido en cada pantalla.
	Eficiencia relativa en comparación con un usuario experto
	Tiempo productivo
Satisfacción	Nivel de dificultad
	Agrada o no agrada
	Preferencias
Facilidad de Aprendizaje	Tiempo usado para terminar una tarea la primera vez.
	Cantidad de entrenamiento.
	Curva de aprendizaje.
Memorabilidad	Número de pasos, clicks o páginas usadas para terminar una tarea después de no usar la aplicación por un periodo de tiempo.
Errores	Número de errores
Contenido	Cantidad de palabras por página.
	Cantidad total de imágenes.
	Número de páginas.
Accesibilidad	Tamaño de letra ajustable.
	Cantidad de imágenes con texto alternativo.
Seguridad	Control de usuario.

	Número de incidentes detectados.
	Cantidad de reglas de seguridad
Portabilidad	Grado con que se desacopla el software del hardware. Nivel de configuración.
Contexto	Grado de conectividad. Ubicación. Características del dispositivo

Fuente: Enríquez & Casas, 2013

Dependiendo de la naturaleza de la aplicación a estimar, en las pruebas se consideran relevantes diferentes atributos. En la Tabla 7 se pueden observar distintos atributos utilizados en la medición de usabilidad y el entorno dónde tienen más influencia en la misma (Enríquez & Casas, 2013).

Tabla 7: *Atributos y entorno de la usabilidad*

Atributos	Aplicaciones de Escritorio	Sitios Web	Aplicaciones Móviles
Efectividad	X	X	X
Eficiencia	X	X	X
Satisfacción	X	X	X
Facilidad de Aprendizaje	X	X	X
Memorabilidad	X	X	
Errores	X	X	X
Contenido		X	X
Accesibilidad		X	
Seguridad		X	X
Portabilidad			X
Contexto			X

Fuente: Enríquez & Casas, 2013

2.6.3. Métodos de evaluación de la usabilidad

Para la evaluación de la usabilidad se puede agrupar en tres grandes grupos que son: métodos de inspección, métodos de indagación y métodos empíricos. Para elegir uno de ellos dependerá de cómo y en qué momento del ciclo de desarrollo del software se lo incorporará (Muñoz, 2018).

2.6.3.1. Métodos de inspección

Autores como Nielsen y Riihiano concuerdan que estos métodos incorporan a un experto y/o evaluadores que realicen pruebas de usabilidad de un producto de software, teniendo en cuenta la experiencia y conocimiento del evaluador, permitiendo encontrar problemas de usabilidad en fases tempranas del desarrollo de software, incluso antes de construir un prototipo. Los métodos de inspección son los siguientes:

- Evaluación heurística
- Recorrido cognitivo
- Recorrido de usabilidad plural

2.6.3.2. Métodos de indagación

Este tipo de métodos producen ideas de diseño de software y por lo tanto se aplican en las etapas tempranas del desarrollo, de tal manera se pueda recoger requerimientos de usuario, del producto e información de usabilidad sobre un software que se desea producir (Muñoz, 2018).

El procedimiento de este método consiste en dialogar con el usuario, observarlos mientras interactúan con el software y paralelamente realizar preguntas verbales o escritas para obtener la información requerida para la evaluación. Dentro de estos métodos tenemos:

- Indagación contextual
- Indagación por grupos
- Indagación individual

2.6.3.3. Métodos empíricos

Se pueden aplicar en la etapa de diseño del software o cuando ya se haya realizado alguna versión del producto. Para realizar esta evaluación se solicita a un usuario o a un grupo de usuarios que interactúen con el software en funcionamiento con el objetivo de recoger información para mejorar la usabilidad del producto. Las técnicas que se aplican más comúnmente son: las evaluaciones observacionales, evaluaciones experimentales y evaluaciones de desempeño (Muñoz, 2018).

- **Evaluaciones de observacionales:** Consisten en realizar visitas a los usuarios mientras realizan su trabajo con normalidad utilizando el software.
- **Evaluaciones experimentales:** Es necesario que tanto los desarrolladores como los usuarios estén en contacto para probar aspectos específicos del software.

- **Evaluaciones de desempeño:** Se presentan tareas predefinidas, las mismas que deben ser ejecutadas por los usuarios en un ambiente controlado de laboratorio. Los resultados ayudan a certificar que el software satisface o no las metas de usabilidad propuestas. En esta técnica se pueden utilizar pruebas retrospectivas, entrevistas post-test o cuestionarios para obtener datos cuantitativos y cualitativos.

2.6.4. Tamaño de la muestra de usabilidad

En estudios de usabilidad no existe una regla que precise el número mínimo de usuarios o participantes para considerar una evaluación de válida, sin embargo, las guías de buenas prácticas y lecciones aprendidas de usabilidad mencionan que el tamaño de la muestra dependerá de los objetivos de evaluación del contexto en el cual se está utilizando el producto y del tipo de usuario (Muñoz, 2018).

2.7. Modelo de Espiral de Boehm

La forma de trabajar este modelo se orienta a la participación continua del usuario durante el ciclo de vida del proyecto, de esta forma se asegura que el diseño del aplicativo sea centrado en el usuario (Nosseir, Flood, Harrison, & Ibrahim, 2012).

A continuación, se muestra las fases de este modelo en la Tabla 8

Tabla 8: *Características del modelo espiral de Boehm*

Características	Descripción
Planificación	Planificación de la siguiente interacción tomando en cuenta los errores detectados
Análisis de riesgo	Recolectar información que permita reducir los riesgos
Ingeniería	Busca tener un prototipo para que el usuario lo pruebe
Evaluación	Evaluación del prototipo junto al usuario

Fuente: Nosseir, Flood, Harrison, & Ibrahim, 2012

3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología

La técnica utilizada es la entrevista, aplicada a profesionales del área informática y de la salud para establecer indicadores relacionados con la usabilidad y funcionalidades de la aplicación móvil para el monitoreo de pacientes con hipertensión.

La metodología tiene un enfoque cuantitativo mediante el cual se evalúan los criterios de usabilidad de la aplicación web y móvil en tiempo real aplicando la norma ISO 9241-11, por medio de métodos empíricos en el que se establecen los atributos y métricas de evaluación.

Además, es de tipo experimental porque los usuarios finales como: médicos, pacientes, hospitales son quienes evalúan la aplicación móvil.

3.2. Tipo y diseño de la investigación

3.2.1. Según la fuente

Investigación bibliográfica: La información recolectada se basó en la consulta de libros, publicaciones, tesis, entre otros esto permitió conocer conceptos referentes al tema principal de investigación, modelos de desarrollo en función al monitoreo de los pacientes, logrando tener una visión panorámica del tema.

3.2.2. Según el nivel de medición y análisis de la información

Investigación cuantitativa: Debido a que se muestra información deducida a partir de los datos que son recolectados por los sensores según cumplan ciertas condiciones predefinidas y el punto en que se encuentren las variables de cambio en los rangos estipulados.

3.2.3. Según el objeto de estudio

Investigación experimental: Se aplica a un grupo de médicos y pacientes una estimulación o se lo pone bajo ciertas condiciones, horarios, para ver las reacciones que se producen.

Investigación aplicada: Dado que se utilizó un contexto real que se presenta entre las instituciones prestadoras de salud y el seguimiento de las variables de cambio de los pacientes con enfermedades crónicas, más específicamente, los que padecen hipertensión

3.3. Unidad de análisis

Se seleccionó un grupo poblacional de 20 personas entre médicos y pacientes que reciben tratamiento regular en el Hospital Universitario Andino de Riobamba además de ingenieros en sistemas de la universidad para realizar la evaluación de las funcionalidades del aplicativo.

3.4. Población de estudio y muestra

La población de este proyecto son los pacientes del Hospital Universitario Andino de Riobamba y sus médicos, quienes por medio del aplicativo observan el monitoreo de la presión arterial en tiempo real.

En el Hospital Universitario Andino de Riobamba se aplicó a 15 personas entre médicos y pacientes que laboran en este centro de salud lo que permite a su vez, evaluar la usabilidad del aplicativo.

3.5. Técnicas de recolección de datos

3.5.1. Entrevistas

Se utilizó la entrevista informal con el objetivo de determinar las tecnologías que van a ser necesarias para el desarrollo del aplicativo móvil y web. También se entrevistó al médico del centro de salud que ayudó a identificar la situación actual del proceso de monitoreo de los pacientes con hipertensión.

3.5.2. Encuestas

Para el aspecto de la calidad del aplicativo se toma en cuenta que la usabilidad debe ser medida usando esta técnica de la encuesta con la población objetivo (muestra) que incluye médicos y pacientes e ingenieros en el área informática, mismos que usan el aplicativo web y el aplicativo móvil, con el fin de conocer las opiniones o características específicas sobre el aplicativo.

3.6. Técnicas de análisis e interpretación de la información

Tras obtener la información de la entrevista se hizo un análisis para definir las directrices del desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta las necesidades reales de los pacientes hipertensos y los médicos, además la elección de los componentes necesarios para el correcto funcionamiento del aplicativo.

Herramientas y normas utilizadas

- **IBM SPSS 25:** Permite realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos de las encuestas realizadas a la población objetivo.
- **ISO 9241-11:** Se aplica esta norma para medir la usabilidad del aplicativo por medio del cuestionario de SUMI en que se establecen los atributos y métricas de evaluación.

3.7. Desarrollo del aplicativo web y móvil

Durante el ciclo de vida de los aplicativos se utilizó el modelo espiral de Boehm. A continuación, se describe las fases de este modelo:

Primera Iteración

Planificación: En esta fase de desarrollo se determinó los objetivos que debe cumplir la aplicación, procediendo con la recolección de los requerimientos a través de reuniones con doctores y pacientes, dando inicio al desarrollo de la aplicación web y móvil, tomando en cuenta los comentarios y sugerencias. En la Tabla 9 se muestran los requerimientos funcionales y no funcionales para el desarrollo de la aplicación

Tabla 9: *Requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación*

Requerimientos Funcionales	Requerimientos no Funcionales
La aplicación contará con una aplicación móvil y web	La aplicación móvil necesita usar el GPS para trazo de ruta hasta el hospital.
Todos los módulos deben estar disponible para el administrador	La aplicación necesita un mínimo de 20 MB para instalarse y funcionar.
Los módulos: inicio, perfil, familiares, pacientes, médicos, asignaciones del médico y asignaciones de familiares a paciente deben estar disponible para el médico.	La aplicación debe ser amigable e intuitiva.
Los módulos: inicio, perfil y monitoreo deben estar disponibles para el paciente.	El sistema proporciona tiempos de respuesta rápidos.
Los módulos: inicio, perfil y asignaciones deben estar disponible para el familiar.	La aplicación web y móvil debe proporcionar seguridad a los usuarios.
El módulo de monitoreo permitirá búsquedas e impresión de reportes.	Las aplicaciones deben ser fácil de modificar y analizar para detectar posibles fallas.
El módulo de perfil deberá permitir editar los nombres, apellidos, correo y contraseña.	Los datos deben estar almacenados, seguros y protegidos.
El módulo de usuario deberá permitir editar su rol, así como eliminar un usuario.	La aplicación móvil requiere usar el bluetooth y el GPS del celular.
Los módulos: paciente, familiar, medico, centro de salud y asignaciones deberán permitir crear, listar, editar y eliminar de acuerdo al rol del usuario.	La aplicación debe ser compatible con versiones superiores del SO Android 4.4
Los módulos inicio, perfil, monitoreo, localizar centro de salud y dispositivos deberán estar disponibles en la aplicación móvil para el paciente.	
Los módulos inicio, perfil, monitoreo y asignaciones deberán estar disponibles para el familiar y el médico.	
El monitoreo deberá contar con búsquedas por fechas.	

Elaborado por: Los autores

Análisis de Riesgo: En esta etapa de desarrollo se tomó en cuenta los riesgos que pueden ocurrir en el desarrollo de la aplicación, por ejemplo: conexión a Internet, distancia en la que se encuentra el paciente, transmisión de los datos del monitoreo del paciente, el almacenamiento de los datos y la disponibilidad con la que cuentan los servidores en la nube.

Ingeniería: De acuerdo a la recolección de los requerimientos establecidos por parte de los clientes se procedió con la elección del DBMS MongoDB y se establecieron los distintos documentos y colecciones de datos que maneja este DBMS.

El patrón de diseño Modelo Vista Controlador (MVC) fue elegido para el desarrollo del software porque facilita la lógica de negocios permitiendo a la aplicación web y móvil ser más escalable, también permite el uso de diferentes frameworks para el desarrollo del software, además facilita las tareas de consultas hacia la base de datos.

Posteriormente se utilizó el Framework Node.js para el desarrollo del servidor web quién es el encargado de alimentar la base de datos con la información de los pacientes, médicos y centros de salud.

Para el desarrollo de la aplicación móvil se ha tomado en cuenta el Framework Ionic 4.0 el mismo que permite generar un APK que puede ser instalado en los distintos dispositivos móviles que cuenten con el sistema operativo Android.

En la Tabla 10 se detallan las actividades realizadas durante esta fase de desarrollo

Tabla 10: *Primera iteración actividades de desarrollo de la aplicación*

Días	Nº de Horas	Actividades
	2	Análisis de la fase de Ingeniería del modelo espiral de Boehm
1	2	Diseño de la base de datos
	2	Diseño de la aplicación
2	2	Corrección del diseño de la base de datos
	2	Corrección en el diseño de la aplicación
3	4	Instalación de las herramientas para el desarrollo de la aplicación
4	2	Creación de la base de datos en MongoDB
5	3	Instalación y configuración de los paquetes NPM, Node, Express, Mongoose, Nodemon para el desarrollo del Backend en Node.js

6	2	Configuración de las rutas y módulos para aplicación
7	2	Modelación de las colecciones de la base de datos
8	2	Creación de las peticiones http de usuarios para login, listar, guardar, modificar, eliminar
8	2	Creación de las peticiones http de pacientes para listar, guardar, modificar, eliminar
9	2	Creación de las peticiones http de monitoreo para listar, guardar, eliminar por id de paciente, buscar por fecha de inicio y fin, buscar por últimos "n" elementos,
9	2	Creación de las peticiones http de médicos para listar, guardar, modificar, eliminar
10	2	Creación de las peticiones http de centros de salud para listar, guardar, modificar, eliminar
10	2	Creación de las peticiones http de comentarios para listar, guardar
11	2	Creación de las peticiones http de paciente_usuario para listar, guardar, modificar, eliminar, buscar por paciente, buscar por usuario
12	2	Creación de las peticiones http para búsquedas por colección para centros de salud, médicos, pacientes y usuarios
13	3	Configuración de la plantilla para el desarrollo del Frontend en Angular (BREADCRUMB, HEADER-NAVIGATION, NOPAGEFOUND, SIDEBAR)
14	2	Instalación y configuración de SOCKET.IO
15	2	Modelación de las colecciones de la base de datos
15	2	Configuración de las rutas y módulos
16	2	Conexión a los servicios http del servidor Node.js
16	2	Creación del servicio GUARD para la verificación de login
17	3	Creación del servicio para usuario, su vista en html y su login
18	2	Creación del servicio para médicos y su vista en html
18	3	Creación del servicio para paciente y su vista en html
19	3	Creación del servicio para asignaciones y su vista en html
20	2	Creación del servicio para acceder al WEBSOCKET
21	2	Configuración de la plantilla para el desarrollo de la aplicación móvil en Ionic
22	2	Modelación de las colecciones de la base de datos

	2	Creación del servicio de GUARD para la verificación de login
23	2	Creación de la vista de Bienvenida de la aplicación móvil
	2	Creación de la vista de inicio a la aplicación móvil
24	2	Creación de la vista para gestionar dispositivos bluetooth
25	2	Creación de la vista para visualizar ubicación en el mapa del centro de salud (MAPBOX)
26	2	Fase de Ingeniería: Creación del servicio para usuario, su vista y login
27	2	Creación del servicio para paciente y su vista
28	2	Fase de Ingeniería: Creación del servicio para acceder al WEBSOCKET
29	2	Pruebas de funcionalidad del Backend en el servidor Node.js

Elaborado por: Los autores

Evaluación: Al utilizar el Modelo Espiral de Boehm permite realizar entregas de prototipos durante todo el desarrollo de la aplicación web y móvil para que los usuarios interactúen con el producto de software y emitan un juicio de valor que permita mejorar el prototipo hasta lograr obtener un producto de software final y funcional. En la primera iteración se realizó una evaluación de las funcionalidades de la aplicación de acuerdo a los requisitos del usuario con el docente tutor

Tabla 11: *Tabla de evaluación de las funcionalidades de la aplicación*

Requerimientos	Cumple		Observaciones
	Si	No	
Todos los módulos están disponibles para el administrador	X		
Los módulos: inicio, perfil, familiares, pacientes, médicos, asignaciones del médico y asignaciones de familiares a paciente está disponible para el médico.	X		Se sugiere mejorar la vista de inicio de la aplicación
Los módulos: inicio, perfil y monitoreo están disponibles para el paciente.	X		

Los módulos: inicio, perfil y asignaciones están disponible para el familiar.	X		Se sugiere mejorar la vista de asignaciones
El módulo de monitoreo permite búsquedas e impresión de reportes.		X	
El módulo de perfil permite editar los nombres, apellidos, correo y contraseña.	X		
El módulo de usuario puede editar su rol, así como eliminar un usuario.	X		
Los módulos: paciente, familiar, medico, centro de salud y asignaciones permite crear, listar, editar y eliminar de acuerdo al rol del usuario.	X		
Los módulos inicio, perfil, monitoreo, localizar centro de salud y dispositivos están disponibles en la aplicación móvil para el paciente.	X		
Los módulos inicio, perfil, monitoreo y asignaciones están disponibles para el familiar y el médico.	X		
El monitoreo cuenta con búsquedas por fechas.		X	Se sugiere incorporar una búsqueda por un determinado número de datos de monitoreo

Elaborado por: Los autores

Segunda Iteración

Planificación

En esta etapa se incorporó el módulo ESP32 el mismo que implica la conexión disponible de Wi-Fi y de Bluetooth de los dispositivos móviles para que se realice correctamente la transmisión de los datos hacia la aplicación.

Análisis de Riesgos

Para esta fase se toma en cuenta que los datos que se transmiten del módulo ESP32 pueden generar errores en aplicación debido a que el paciente posiblemente se encuentre a una distancia lejana de una cobertura de Wi-Fi, por esta razón se ha decidido configurar a dicho módulo para que la transmisión de los datos se realice por medio de Bluetooth, tratando de esta manera minimizar los errores de transmisión de los datos.

Ingeniería

Para esta etapa se desarrolló la respectiva programación del módulo ESP32 a través de Arduino y se integró la gráfica respectiva en el módulo de Monitoreo que permite observar los datos de la presión arterial de los pacientes, además se incorporó las notificaciones al correo y el alojamiento de la aplicación web en Azure y el servidor Node.js en Heroku.

Tabla 12: *Segunda iteración actividades de desarrollo de la aplicación*

Días	N° de Horas	Actividades
1	4	Fase de Ingeniería: Configuración de emails con NODEMAILER, funciones de análisis de la pendiente y funciones de detección de presión alta
2	2	Fase de Ingeniería: configuraciones de proyecto en Node.js para desplegar en Heroku
3	2	Fase de Ingeniería: Emulación de los datos de la presión arterial a través de una curva sinusoidal en Matlab en base a tomas reales de un paciente hipertenso
4	2	Fase de Ingeniería: Simulación del ESP32 con Python para el envío de datos en un archivo JSON
5	2	Fase de ingeniería: Configuración del módulo ESP32 para el envío de datos a través de WI-FI
	3	Fase de ingeniería: Configuración del módulo ESP32 para el envío de datos a través de BLUETOOTH
6	2	Fase de ingeniería: Configuración del módulo ESP32 para el manejo de archivos JSON
	2	Fase de ingeniería: Configuración del módulo ESP32 para el manejo de servicios http

7	2	Fase de ingeniería: Configuración del módulo ESP32 para el manejo de funciones
8	2	Fase de ingeniería: Configuración del módulo ESP32 para la generación de datos y envío de la misma al servidor Node.js
9	2	Fase de Ingeniería: Exportación del código de Arduino al módulo ESP32
10	2	Fase de Ingeniería: Creación del servicio para monitoreo y su vista en html en Angular
11	3	Fase de Ingeniería: Configuración NGX-CHARTS para la visualización del gráfico de la presión arterial
12	2	Fase de Ingeniería: Configuración JSPDF para la emisión de reportes en archivos PDF
13	2	Fase de Ingeniería: Creación del servicio para monitoreo y su vista en Ionic para la aplicación móvil
14	2	Fase de Ingeniería: Configuración NGX-CHARTS para la visualización del gráfico de la presión arterial en la aplicación móvil
15	2	Fase de Ingeniería: Configuración vista para médicos, pacientes y familiares
16	2	Realizar las pruebas de funcionalidad de la aplicación web
17	2	Realizar las pruebas de funcionalidad de la aplicación móvil
	2	Realizar el despliegue de la aplicación web en Azure
18	2	Configuración de los archivos necesarios para la exportación de la APK para Android

Elaborado por: Los autores

Evaluación

Para la evaluación de la aplicación web y móvil se realizaron encuestas y entrevistas acerca de las funcionalidades con las que cuenta la aplicación para posteriormente mediante las técnicas de análisis e interpretación de los datos como la ISO/IEC 9241-11 que permite medir la calidad del producto de software y sistemas.

4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de Regresión para la emulación de la presión arterial

Se aplica para establecer la predicción y previsión de resultados de un paciente que padece de hipertensión arterial a partir de datos reales obtenidos de un paciente hipertenso del Hospital Universitario Andino como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13: *Datos históricos de presión arterial de un paciente*

Paciente				
N°	Fecha	Hora	P. Sistólica	P. Diastólica
1	2018-05-15	11:00	110	70
2	2018-05-30	10:30	120	70
3	2018-06-23	11:30	120	70
4	2018-07-04	10:30	110	70
5	2018-07-14	15:30	110	60
6	2018-09-22	16:30	100	70
7	2018-10-12	9:15	100	70
8	2018-11-20	10:15	99	71
9	2019-01-07	10:00	108	75
10	2019-01-16	9:15	145	90
11	2019-01-19	13:00	130	80
12	2019-02-22	11:15	100	60
13	2019-03-08	11:30	123	82
14	2019-03-15	14:00	122	75
15	2019-03-16	14:30	110	70
16	2019-03-22	8:45	110	80
17	2019-03-29	8:45	110	79
18	2019-04-03	11:15	130	99
19	2019-04-19	10:00	110	70
20	2019-04-27	10:30	98	68
21	2019-05-08	11:00	120	65
22	2019-05-18	11:30	114	74
23	2019-05-29	11:30	125	70
24	2019-06-08	14:00	121	76
25	2019-06-26	9:00	110	70
26	2019-07-20	9:30	110	70
27	2019-07-25	10:00	142	95

28	2019-08-08	10:00	142	95
29	2019-08-17	11:30	145	100
30	2019-08-26	11:30	145	100

Elaborado por: Los autores

4.2. Ajuste de curva

A partir de los datos obtenidos se realizó el ajuste de la curva sinusoidal se utilizó una de las herramientas de MATLAB, con cinco términos debido a que los datos tienen diferente variación en el tiempo cuyos resultados son los siguientes:

Presión Sistólica

General model Sin5:

$$f(x) = a_1 \sin(b_1 x + c_1) + a_2 \sin(b_2 x + c_2) + a_3 \sin(b_3 x + c_3) + a_4 \sin(b_4 x + c_4) + a_5 \sin(b_5 x + c_5)$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$a_1 = 325.9 \quad (-2.529e+05, 2.535e+05)$$

$$b_1 = 0.171 \quad (-37.35, 37.69)$$

$$c_1 = -1.196 \quad (-593.9, 591.6)$$

$$a_2 = 534.8 \quad (-3.465e+05, 3.476e+05)$$

$$b_2 = 0.2935 \quad (-81.48, 82.07)$$

$$c_2 = -0.000809 \quad (-1302, 1302)$$

$$a_3 = 640.8 \quad (-1.223e+06, 1.225e+06)$$

$$b_3 = 0.3817 \quad (-72.86, 73.62)$$

$$c_3 = 1.747 \quad (-1175, 1178)$$

$$a_4 = 321.3 \quad (-1.154e+06, 1.155e+06)$$

$$b_4 = 0.4285 \quad (-61.73, 62.59)$$

$$c_4 = 4.134 \quad (-997.3, 1006)$$

$$a5 = 7.939 \quad (1.653, 14.23)$$

$$b5 = 1.458 \quad (1.333, 1.583)$$

$$c5 = -0.2584 \quad (-2.428, 1.911)$$

Goodness of fit:

SSE: 1685

R-square: 0.7267

Adjusted R-square: 0.4716

RMSE: 10.6

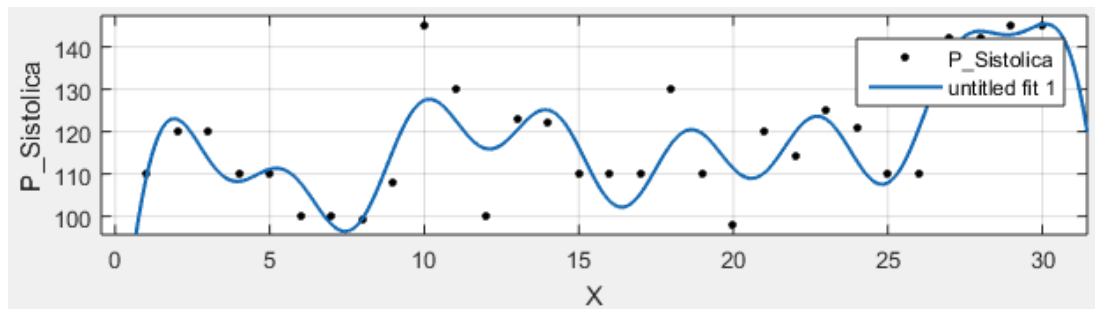


Figura 9: Función sinusoidal de la presión sistólica
Elaborado por: Los autores

Presión Diastólica

General model Sin5:

$$f(x) = a1*\sin(b1*x+c1) + a2*\sin(b2*x+c2) + a3*\sin(b3*x+c3) + \\ a4*\sin(b4*x+c4) + a5*\sin(b5*x+c5)$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$a1 = 120.8 \quad (-8.222e+05, 8.225e+05)$$

$$b1 = 0.09461 \quad (-348.6, 348.7)$$

$$c1 = 0.1516 \quad (-4994, 4995)$$

$$a2 = 53.78 \quad (-7.675e+05, 7.676e+05)$$

$b_2 = 0.1875 (-841.7, 842)$
 $c_2 = 1.968 (-1.188e+04, 1.189e+04)$
 $a_3 = 16.2 (-5e+04, 5.004e+04)$
 $b_3 = 0.3807 (-272.8, 273.5)$
 $c_3 = 2.496 (-3532, 3537)$
 $a_4 = 8.559 (-5479, 5496)$
 $b_4 = 0.5823 (-40.32, 41.49)$
 $c_4 = 3.065 (-522.2, 528.3)$
 $a_5 = 4.694 (-51.63, 61.02)$
 $b_5 = 0.9621 (-0.5577, 2.482)$
 $c_5 = -1.958 (-22.38, 18.47)$

Goodness of fit:

SSE: 1135

R-square: 0.7008

Adjusted R-square: 0.4216

RMSE: 8.699

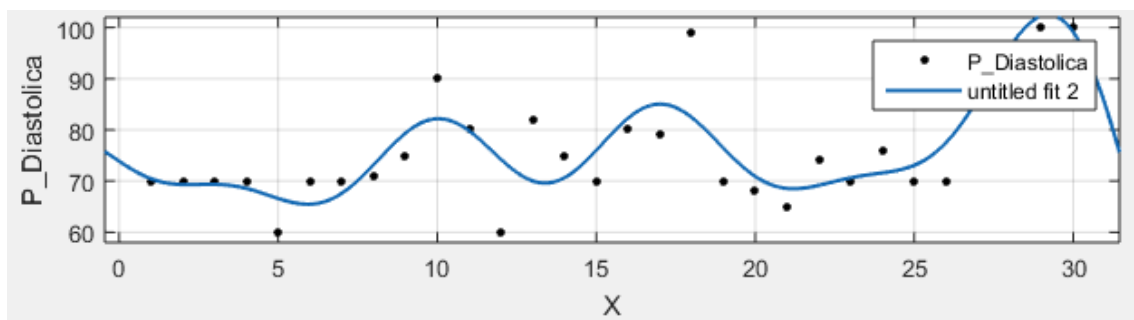


Figura 10: Función sinusoidal de la presión diastólica
Elaborado por: Los autores

4.3. Resultados de la usabilidad de la aplicación web

Para medir la usabilidad de la aplicación se tomó en cuenta la norma ISO 9241-11 en la cual se toma en cuenta los atributos de efectividad, eficiencia y satisfacción de los usuarios con sus métricas respectivas.

Para obtener los resultados de la usabilidad de la aplicación se realizaron encuestas a 20 personas entre las cuales se encuentran pacientes y médicos del Hospital Andino Universitario, así como también ingenieros del área informática de la universidad. Las preguntas se realizaron de acuerdo con el cuestionario de SUMY del mismo que se seleccionaron 5 preguntas relacionadas con efectividad, 5 preguntas relacionadas con la eficiencia y 5 preguntas relacionadas con la satisfacción, además se establecieron valores del 1 al 5 para cada pregunta de acuerdo con la escala de likert.

4.3.1. Tablas de frecuencia de la aplicación web

Efectividad

1. La aplicación ha funcionado, no se ha detenido inesperadamente en algún momento

Tabla 14: *Frecuencia de efectividad de la aplicación web de la pregunta 1*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	De acuerdo	1	5,0	5,0	5,0
Válido	Totalmente de acuerdo	19	95,0	95,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 14 se observa que el 95% de la muestra está totalmente de acuerdo que la aplicación ha funcionado y no se ha tenido inesperadamente, mientras que el 5% de la muestra indica que está de acuerdo.

2. La aplicación permite que el usuario aprenda con facilidad las funciones

Tabla 15: *Frecuencia de efectividad de la aplicación web de la pregunta 2*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	4	20,0	20,0	20,0
	Totalmente de acuerdo	16	80,0	80,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 15 se observa que 20% de la muestra, esta de acuerdo que la aplicación permite al usuario aprender con facilidad las funciones que esta realiza y el 80% de la muestra indica que esta totalmente de acuerdo.

3. La aplicación ofrece seguridades al momento de utilizarla (Login, ...)

Tabla 16: *Frecuencia de efectividad de la aplicación web de la pregunta 3*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	3	15,0	15,0	15,0
	Totalmente de acuerdo	17	85,0	85,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 16 se observa que el 15% de la muestra está de acuerdo que la aplicación ofrece seguridad al momento de utilizar la misma y 85% de la muestra está totalmente de acuerdo que la aplicación brinda seguridad.

4. La aplicación ofrece información de ayuda para ejecutar algunas funciones.

Tabla 17: *Frecuencia de efectividad de la aplicación web de la pregunta 4*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	3	15,0	15,0	15,0
	Totalmente de acuerdo	17	85,0	85,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 17 se observa que 15% de la muestra está de acuerdo que la aplicación indica información de ayuda para efectuar determinadas tareas en la aplicación mientras que el 85% está totalmente de acuerdo.

5. Las tareas en la aplicación fueron completadas con éxito

Tabla 18: *Frecuencia de efectividad de la aplicación web de la pregunta 5*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No lo sé	1	5,0	5,0	5,0
	De acuerdo	2	10,0	10,0	10,0
	Totalmente de acuerdo	17	85,0	85,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 18 se observa que el 5% de la muestra no sabe que las tareas de la aplicación fueron completadas con éxito, el 10% indican que están de acuerdo y el 85% están totalmente de acuerdo que las tareas se han realizado con éxito.

Tabla 19: Resumen de frecuencia de efectividad de la aplicación web

	EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN WEB											
	Pregunta 1		Pregunta 2		Pregunta 3		Pregunta 4		Pregunta 5			
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Desacuerdo	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
No lo sé	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	5%	1	1%
De acuerdo	1	5%	4	20%	3	15%	3	15%	2	10%	13	13%
Totalmente de acuerdo	19	95%	16	80%	17	85%	17	85%	17	85%	86	86%
Total	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	100	100%

Elaborado por: Los autores

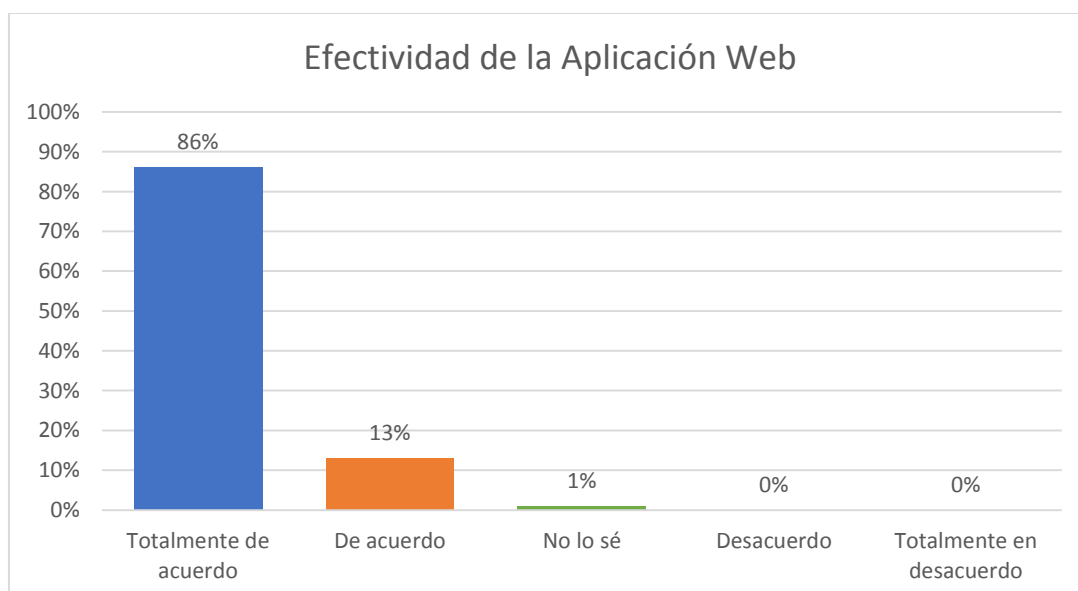


Figura 11: Efectividad de la aplicación web

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Figura 11 se observa que el 86% de las personas encuestadas están totalmente de acuerdo que la aplicación web es efectiva, mientras que el 13% indican que están de acuerdo y tan solo el 1% señalan que no saben si la aplicación web es efectiva.

Eficiencia

1. La aplicación responde a la entrada y salida de datos.

Tabla 20: *Frecuencia de eficiencia de la aplicación web de la pregunta 1*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No lo sé	1	5,0	5,0	5,0
	De acuerdo	1	5,0	5,0	10,0
	Totalmente de acuerdo	18	90,0	90,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 20 se observa que el 90% de la muestra está totalmente de acuerdo que la aplicación responde a la entrada y salida de datos mientras que el 5% está de acuerdo y el 5% no lo sabe.

2. El software permite al usuario ejecutar funciones en pocas pulsaciones de teclas.

Tabla 21: *Frecuencia de eficiencia de la aplicación web de la pregunta 2*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	4	20,0	20,0	20,0
	Totalmente de acuerdo	16	80,0	80,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 21 se observa que 80% de la muestra está totalmente de acuerdo que la aplicación permite al usuario ejecutar funciones con pocas pulsaciones de teclas y solo el 20% está de acuerdo.

3. Durante la ejecución de una función se puede inferir con facilidad las operaciones de la aplicación.

Tabla 22: *Frecuencia de eficiencia de la aplicación web de la pregunta 3*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	3	15,0	15,0	15,0
	Totalmente de acuerdo	17	85,0	85,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la tabla 22 se observa que el 85% de la muestra está totalmente de acuerdo que durante la ejecución de una función se puede inferir con facilidad las operaciones de la aplicación mientras que el 15% está solamente de acuerdo.

4. Las tareas en la aplicación se pueden realizar de manera intuitiva y directa

Tabla 23: *Frecuencia de eficiencia de la aplicación web de la pregunta 4*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No lo sé	1	5,0	5,0	5,0
	De acuerdo	8	40,0	45,0	45,0
	Totalmente de acuerdo	11	55,0	55,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 23 se observa que el 55% de la muestra está totalmente de acuerdo que las tareas de la aplicación se pueden realizar de manera intuitiva y directa mientras que el 45% esta solamente de acuerdo y tan solo el 5% no lo saben.

5. La interacción de la aplicación es lo suficientemente rápida.

Tabla 24: Frecuencia de eficiencia de la aplicación web de la pregunta 5

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	1	5,0	5,0	5,0
	Totalmente de acuerdo	19	95,0	95,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 24 se observa que el 95% de la muestra señala que está totalmente de acuerdo que la aplicación es lo suficientemente rápida mientras que tan solo el 5% indica que está de acuerdo.

Tabla 25: Resumen de frecuencia de la eficiencia de la aplicación web

	Pregunta 1		Pregunta 2		Pregunta 3		Pregunta 4		Pregunta 5		EFICIENCIA DE LA APLICACIÓN WEB	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Desacuerdo	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
No lo sé	1	5%	0	0%	0	0%	1	0%	0	0%	2	2%
De acuerdo	1	5%	4	20%	3	15%	8	15%	1	5%	17	17%
Totalmente de acuerdo	18	90%	16	80%	17	85%	11	85%	19	95%	81	81%
Total	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	100	100%

Elaborado por: Los autores

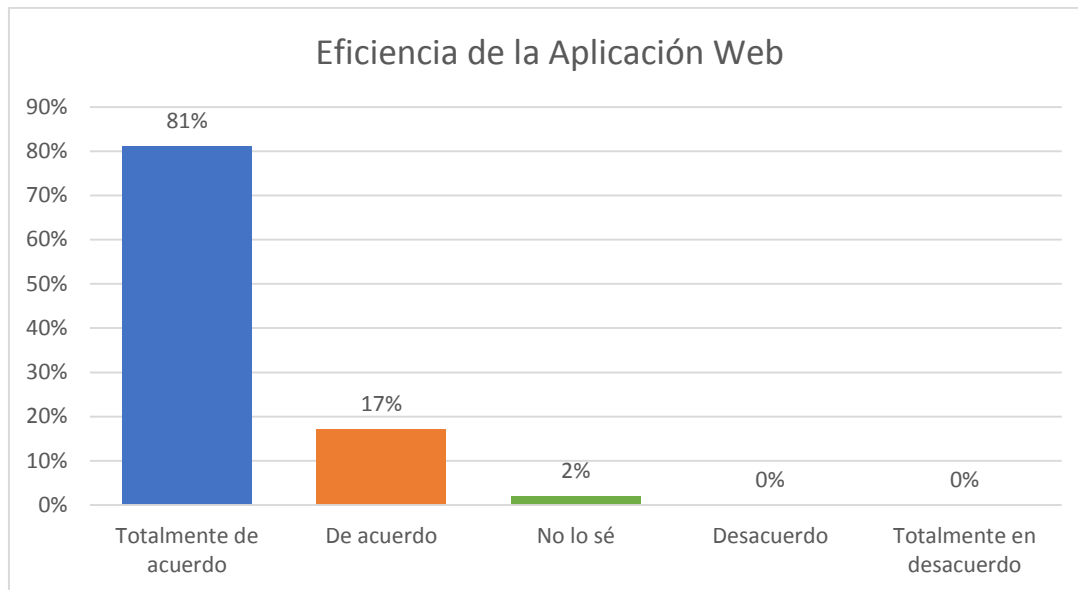


Figura 12: Eficiencia de la aplicación web
Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Figura 12 se observa que el 81% de las personas encuestadas están totalmente de acuerdo que la aplicación web es eficiente, mientras que el 17% indican que están de acuerdo y tan solo el 2% señalan que no saben si la aplicación web es eficiente.

Satisfacción

1. Los requerimientos del usuario se han incorporado en la aplicación

Tabla 26: Frecuencia de satisfacción de la aplicación web de la pregunta 1

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No lo sé	1	5,0	5,0	5,0
	De acuerdo	3	15,0	15,0	20,0
	Totalmente de acuerdo	16	80,0	80,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 26 se observa que el 80% de la muestra indica que están totalmente de acuerdo que se han cumplido con todos los requerimientos del usuario, mientras que el 15% señalan están de acuerdo y solamente el 5% no lo saben.

2. Las tareas y funciones de la aplicación se han realizado de manera satisfactoria

Tabla 27: *Frecuencia de satisfacción de la aplicación web de la pregunta 2*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	4	20,0	20,0	20,0
	Totalmente de acuerdo	16	80,0	80,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 27 se observa que el 80% de la muestra está totalmente de acuerdo que las tareas y funciones de la aplicación web se realizaron de manera satisfactoria mientras que el 20% está solamente de acuerdo.

3. Durante la ejecución de funciones la aplicación muestra mensajes de ayuda, advertencia, etc.

Tabla 28: *Frecuencia de satisfacción de la aplicación web de la pregunta 3*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	3	15,0	15,0	15,0
	Totalmente de acuerdo	17	85,0	85,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 28 se observa que el 85% de la muestra está totalmente de acuerdo que la aplicación web muestra mensajes de ayuda, mientras que el 15% está solamente de acuerdo.

4. La interfaz de la aplicación es atractiva, fácil de utilizar

Tabla 29: *Frecuencia de satisfacción de la aplicación web de la pregunta 4*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	6	30,0	30,0	30,0
	Totalmente de acuerdo	14	70,0	70,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 29 se observa que el 70% de la muestra está totalmente de acuerdo que la aplicación es atractiva y fácil de utilizar mientras que solo el 30% esta solamente de acuerdo.

5. Recomendaría la aplicación a otros usuarios

Tabla 30: *Frecuencia de satisfacción de la aplicación web de la pregunta 4*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	1	5,0	5,0	5,0
	Totalmente de acuerdo	19	95,0	95,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 30 se observa que el 95% de la muestra está totalmente de acuerdo en recomendar la aplicación web a otros usuarios mientras que solo el 5% esta solamente de acuerdo.

Tabla 31: Resumen de frecuencia de la satisfacción de la aplicación web

	Pregunta 1		Pregunta 2		Pregunta 3		Pregunta 4		Pregunta 5		EFICIENCIA DE LA APLICACIÓN WEB	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Desacuerdo	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
No lo sé	1	5%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	1%
De acuerdo	3	15%	4	20%	3	15%	6	30%	1	5%	17	17%
Totalmente de acuerdo	16	80%	16	80%	17	85%	14	70%	19	95%	82	82%
Total	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	100	100%

Elaborado por: Los autores

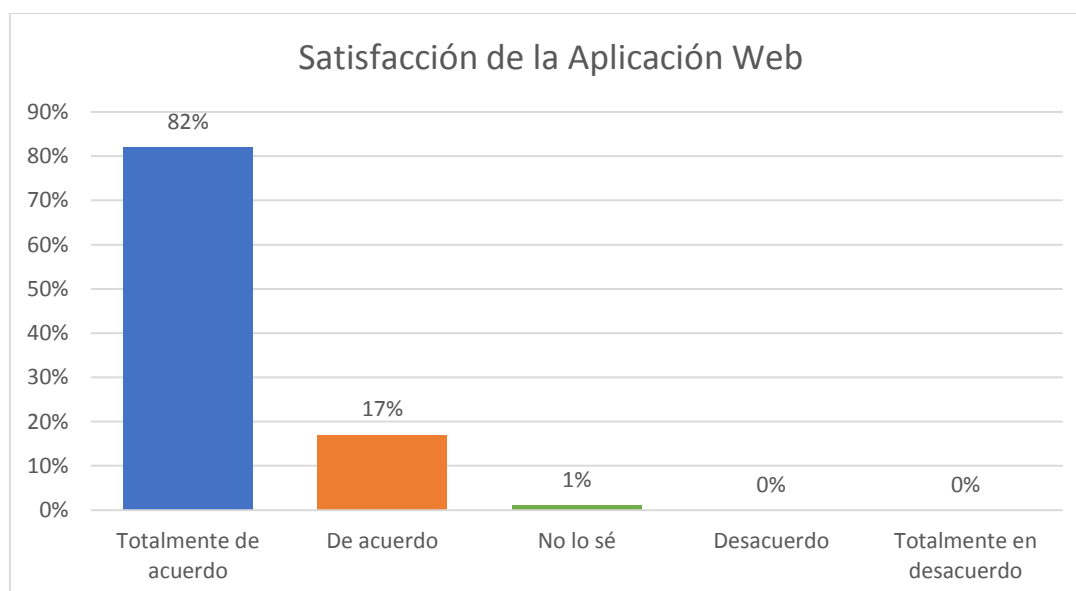


Figura 13: Satisfacción de la aplicación web

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Figura 13 se observa que el 82% de las personas encuestadas están totalmente de acuerdo que la aplicación web es satisfactoria, mientras que el 17% indican que están de acuerdo y tan solo el 1% señalan que no saben si la aplicación web es satisfactoria.

4.3.2. Análisis de confiabilidad de la aplicación web

Para medir la aceptación de la usabilidad aplicación se ha tomado en cuenta el análisis de confiabilidad por medio del Alfa Cronbach obteniendo los siguientes resultados.

Estadísticas de fiabilidad

Tabla 32: *Fiabilidad de la usabilidad de la aplicación web*

Alfa de Cronbach	N de elementos
,817	15

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 32 se observa los datos obtenidos a través de la herramienta IBM SPSS Statistics 25 cuyo resultado de fiabilidad de la usabilidad de la aplicación web es de 0.817 el cual representa un valor aceptable en la investigación.

Estadísticas de elemento

Tabla 33: *Estadísticas de elemento de la usabilidad de la aplicación web*

Ítems	Media	Desv. Desviación	N
La aplicación ha funcionado, no se ha detenido inesperadamente en algún momento	4,95	,224	20
La aplicación permite que el usuario aprenda con facilidad las funciones	4,80	,410	20
La aplicación ofrece seguridades al momento de utilizarla (Login, ...)	4,85	,366	20
La aplicación ofrece información de ayuda para ejecutar algunas funciones	4,85	,366	20
Las tareas en la aplicación fueron completadas con éxito	4,80	,523	20

La aplicación responde a la entrada y salida de datos.	4,85	,489	20
El software permite al usuario ejecutar funciones en pocas pulsaciones de teclas.	4,80	,410	20
Durante la ejecución de una función se puede inferir con facilidad las operaciones de la aplicación	4,85	,366	20
Las tareas en la aplicación se pueden realizar de manera intuitiva y directa	4,50	,607	20
La interacción de la aplicación es lo suficientemente rápida.	4,95	,224	20
Los requerimientos del usuario se han incorporado en la aplicación	4,75	,550	20
Las tareas y funciones de la aplicación se han realizado de manera satisfactoria	4,80	,410	20
Durante la ejecución de funciones la aplicación muestra mensajes de ayuda, advertencia, etc.	4,85	,366	20
La interfaz de la aplicación es atractiva, fácil de utilizar	4,70	,470	20
Recomendaría la aplicación a otros usuarios	4,95	,224	20

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 33 se observa los valores correspondientes de la media y desviación de cada ítem de la encuesta realizada a 20 personas para medir la usabilidad de la aplicación web

Estadísticas de escala de la aplicación web

Tabla 34: *Estadísticas de escala de la usabilidad de la aplicación web*

Media	Varianza	Desv. Desviación	N de elementos
72,40	8,779	2,963	15

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 34 se observa los valores de la estadística de escala correspondientes al estudio de la usabilidad con una media de 72.40, con una varianza respectiva de 8.779 y una desviación de 2.963.

4.3.3. Tablas de frecuencia de la aplicación móvil

Efectividad

1. La aplicación ha funcionado, no se ha detenido inesperadamente en algún momento

Tabla 35: *Frecuencia de efectividad de la aplicación móvil de la pregunta 1*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	1	5,0	5,0	5,0
	Totalmente de acuerdo	19	95,0	95,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 35 se observa que el 95% de la muestra está totalmente de acuerdo que la aplicación móvil ha funcionado y no se ha tenido inesperadamente, mientras que el 5% de la muestra indica que está de acuerdo.

2. La aplicación permite que el usuario aprenda con facilidad las funciones

Tabla 36: *Frecuencia de efectividad de la aplicación móvil de la pregunta 2*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	4	20,0	20,0	20,0
	Totalmente de acuerdo	16	80,0	80,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 36 se observa que 20% de la muestra, esta de acuerdo que la aplicación móvil permite al usuario aprender con facilidad las funciones que esta realiza y el 80% de la muestra indica que esta totalmente de acuerdo.

3. La aplicación ofrece seguridades al momento de utilizarla (Login, ...)

Tabla 37: *Frecuencia de efectividad de la aplicación móvil de la pregunta 3*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	3	15,0	15,0	15,0
	Totalmente de acuerdo	17	85,0	85,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 37 se observa que el 15% de la muestra está de acuerdo que la aplicación móvil ofrece seguridad al momento de utilizar la misma y 85% de la muestra está totalmente de acuerdo que la aplicación brinda seguridad.

4. La aplicación ofrece información de ayuda para ejecutar algunas funciones.

Tabla 38: *Frecuencia de efectividad de la aplicación móvil de la pregunta 4*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	3	15,0	15,0	15,0
	Totalmente de acuerdo	17	85,0	85,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la tabla 38 se observa que 15% de la muestra está de acuerdo que la aplicación móvil indica información de ayuda para efectuar determinadas tareas en la misma mientras que el 85% está totalmente de acuerdo.

5. Las tareas en la aplicación fueron completadas con éxito

Tabla 39: Frecuencia de efectividad de la aplicación móvil de la pregunta 5

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	2	10,0	10,0	10,0
	Totalmente de acuerdo	18	90,0	90,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 39 se observa que el 15% de la muestra indican que están de acuerdo que las tareas de la aplicación móvil fueron completadas con éxito, mientras que el 85% están totalmente de acuerdo.

Tabla 40: Resumen de frecuencia de efectividad de la aplicación móvil

	Pregunta 1		Pregunta 2		Pregunta 3		Pregunta 4		Pregunta 5		EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN MÓVIL	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Desacuerdo	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
No lo sé	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
De acuerdo	1	5%	4	20%	3	15%	3	15%	2	10%	13	13%
Totalmente de acuerdo	19	95%	16	80%	17	85%	17	85%	18	90%	87	87%
Total	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	100	100%

Elaborado por: Los autores

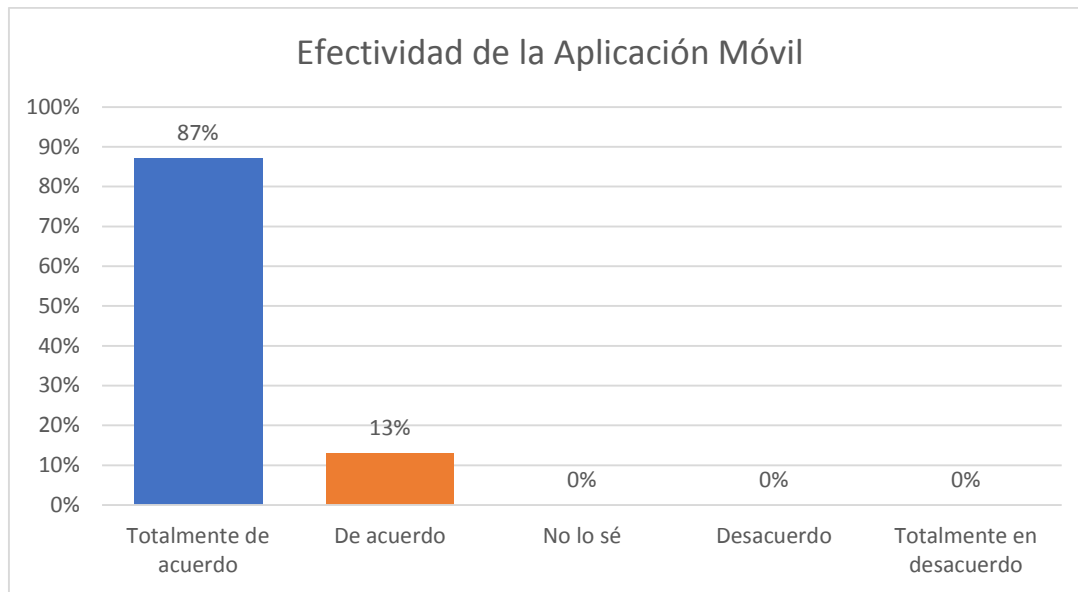


Figura 14: Efectividad de la aplicación móvil
Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Figura 14 se observa que el 86% de las personas encuestadas están totalmente de acuerdo que la aplicación web es efectiva, mientras que el 14% indican que están de acuerdo si la aplicación móvil es efectiva.

Eficiencia

1. La aplicación responde a la entrada y salida de datos.

Tabla 41: Frecuencia de eficiencia de la aplicación móvil de la pregunta 1

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No lo sé	1	5,0	5,0	5,0
	De acuerdo	1	5,0	5,0	10,0
	Totalmente de acuerdo	18	90,0	90,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 41 se observa que el 90% de la muestra está totalmente de acuerdo que la aplicación móvil responde a la entrada y salida de datos, mientras que el 5% está de acuerdo y el 5% no lo sabe.

2. El software permite al usuario ejecutar funciones en pocas pulsaciones de teclas.

Tabla 42: *Frecuencia de eficiencia de la aplicación móvil de la pregunta 2*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	4	20,0	20,0	20,0
	Totalmente de acuerdo	16	80,0	80,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 42 se observa que 80% de la muestra está totalmente de acuerdo que la aplicación móvil permite al usuario ejecutar funciones con pocas pulsaciones de teclas y solo el 20% está de acuerdo.

3. Durante la ejecución de una función se puede inferir con facilidad las operaciones de la aplicación.

Tabla 43: *Frecuencia de eficiencia de la aplicación móvil de la pregunta 3*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	3	15,0	15,0	15,0
	Totalmente de acuerdo	17	85,0	85,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 43 se observa que el 85% de la muestra está totalmente de acuerdo que durante la ejecución de una función se puede inferir con facilidad las operaciones de la aplicación móvil mientras que el 15% está solamente de acuerdo.

4. Las tareas en la aplicación se pueden realizar de manera intuitiva y directa

Tabla 44: *Frecuencia de eficiencia de la aplicación móvil de la pregunta 4*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	7	35,0	35,0	35,0
	Totalmente de acuerdo	13	65,0	65,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 44 se observa que el 65% de la muestra está totalmente de acuerdo que las tareas de la aplicación móvil se pueden realizar de manera intuitiva y directa, mientras que el 35% está solamente de acuerdo.

5. La interacción de la aplicación es lo suficientemente rápida.

Tabla 45: *Frecuencia de eficiencia de la aplicación móvil de la pregunta 5*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	2	10,0	10,0	10,0
	Totalmente de acuerdo	18	90,0	90,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 45 se observa que el 90% de la muestra señala que está totalmente de acuerdo que la aplicación móvil es lo suficientemente rápida mientras que tan solo el 10% indica que está de acuerdo.

Tabla 46: Resumen de frecuencia de la eficiencia de la aplicación móvil

	Pregunta 1		Pregunta 2		Pregunta 3		Pregunta 4		Pregunta 5		EFICIENCIA DE LA APLICACIÓN WEB	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Desacuerdo	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
No lo sé	1	5%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	1%
De acuerdo	1	5%	4	20%	3	15%	7	15%	2	10%	17	17%
Totalmente de acuerdo	18	90%	16	80%	17	85%	13	85%	18	90%	82	82%
Total	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	100	100%

Elaborado por: Los autores

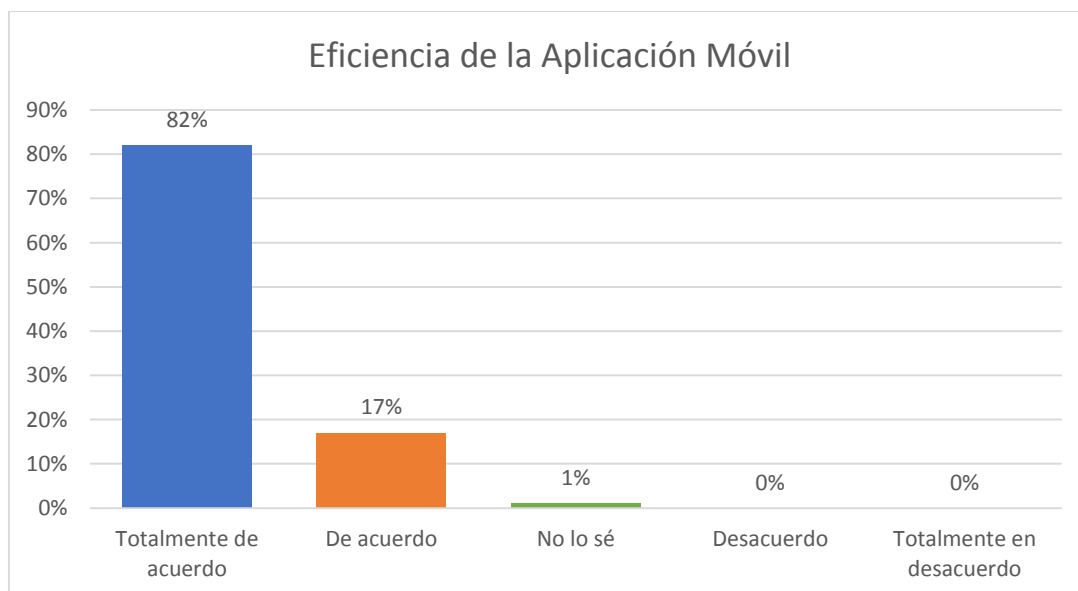


Figura 15: Eficiencia de la aplicación móvil
Elaborado por: Julio Sanaguano - Andrés Caina

Análisis: En la Figura 15 se observa que el 82% de las personas encuestadas están totalmente de acuerdo que la aplicación móvil es eficiente, mientras que el 17% indican que están de acuerdo y tan solo el 1% señalan que no saben si la aplicación móvil es eficiente.

Satisfacción

1. Los requerimientos del usuario se han incorporado en la aplicación

Tabla 47: *Frecuencia de satisfacción de la aplicación móvil de la pregunta 1*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	No lo sé	1	5,0	5,0	5,0
	De acuerdo	3	15,0	15,0	20,0
	Totalmente de acuerdo	16	80,0	80,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 47 se observa que el 80% de la muestra indica que están totalmente de acuerdo que se han cumplido con todos los requerimientos del usuario, mientras que el 15% señalan están de acuerdo y solamente el 5% no lo saben.

2. Las tareas y funciones de la aplicación se han realizado de manera satisfactoria

Tabla 48: *Frecuencia de satisfacción de la aplicación móvil de la pregunta 2*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	4	20,0	20,0	20,0
	Totalmente de acuerdo	16	80,0	80,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 48 se observa que el 80% de la muestra está totalmente de acuerdo que las tareas y funciones de la aplicación móvil se realizaron de manera satisfactoria mientras que el 20% está solamente de acuerdo.

3. Durante la ejecución de funciones la aplicación muestra mensajes de ayuda, advertencia, etc.

Tabla 49: *Frecuencia de satisfacción de la aplicación móvil de la pregunta 3*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	3	15,0	15,0	15,0
	Totalmente de acuerdo	17	85,0	85,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 49 se observa que el 85% de la muestra está totalmente de acuerdo que la aplicación móvil muestra mensajes de ayuda, mientras que el 15% está solamente de acuerdo.

4. La interfaz de la aplicación es atractiva, fácil de utilizar

Tabla 50: *Frecuencia de satisfacción de la aplicación móvil de la pregunta 4*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	4	20,0	20,0	20,0
	Totalmente de acuerdo	16	80,0	80,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 50 se observa que el 80% de la muestra está totalmente de acuerdo que la aplicación móvil es atractiva y fácil de utilizar mientras que solo el 20% esta solamente de acuerdo.

5. Recomendaría la aplicación a otros usuarios

Tabla 51: Frecuencia de satisfacción de la aplicación móvil de la pregunta 5

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	1	5,0	5,0	5,0
	Totalmente de acuerdo	19	95,0	95,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 51 se observa que el 95% de la muestra está totalmente de acuerdo en recomendar la aplicación móvil a otros usuarios mientras que solo el 5% está solamente de acuerdo.

Tabla 52: Resumen de frecuencia de la satisfacción de la aplicación móvil

	Pregunta 1		Pregunta 2		Pregunta 3		Pregunta 4		Pregunta 5		EFICIENCIA DE LA APLICACIÓN WEB	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Desacuerdo	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
No lo sé	1	5%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	1%
De acuerdo	3	15%	4	20%	3	15%	4	20%	1	5%	15	15%
Totalmente de acuerdo	16	80%	16	80%	17	85%	16	80%	19	95%	84	84%
Total	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	20	100%	100	100%

Elaborado por: Los autores

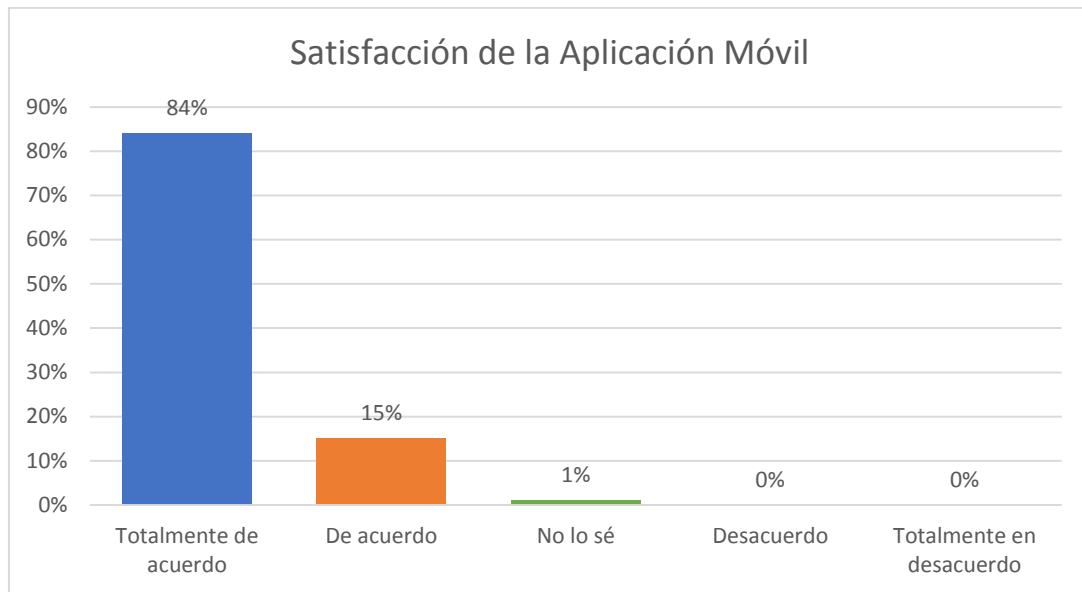


Figura 16: Satisfacción de la aplicación móvil
Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Figura 16 se observa que el 84% de las personas encuestadas están totalmente de acuerdo que la aplicación móvil es satisfactoria, mientras que el 15% indican que están de acuerdo y tan solo el 1% señalan que no saben si la aplicación web es satisfactoria.

4.3.4. Análisis de confiabilidad de la usabilidad de la aplicación móvil

Para medir la aceptación de la usabilidad aplicación móvil de la misma manera se ha tomado en cuenta el análisis de confiabilidad por medio del Alfa Cronbach obteniendo los siguientes resultados.

Estadísticas de fiabilidad

Tabla 53: Fiabilidad de la usabilidad de la aplicación móvil

Alfa de Cronbach	N de elementos
,806	15

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 53 se observa los datos obtenidos a través de la herramienta IBM SPSS Statistics 25 cuyo resultado de fiabilidad de la usabilidad de la aplicación web es de 0.806 el cual representa un valor aceptable en la investigación.

Estadísticas de elemento

Tabla 54: *Estadísticas de elemento de la usabilidad de la aplicación móvil*

Ítems	Media	Desv. Desviación	N
La aplicación ha funcionado, no se ha detenido inesperadamente en algún momento	4,95	,224	20
La aplicación permite que el usuario aprenda con facilidad las funciones	4,80	,410	20
La aplicación ofrece seguridades al momento de utilizarla (Login, ...)	4,85	,366	20
La aplicación ofrece información de ayuda para ejecutar algunas funciones	4,85	,366	20
Las tareas en la aplicación fueron completadas con éxito	4,90	,308	20
La aplicación responde a la entrada y salida de datos.	4,85	,489	20
El software permite al usuario ejecutar funciones en pocas pulsaciones de teclas.	4,80	,410	20
Durante la ejecución de una función se puede inferir con facilidad las operaciones de la aplicación	4,85	,366	20
Las tareas en la aplicación se pueden realizar de manera intuitiva y directa	4,65	,489	20
La interacción de la aplicación es lo suficientemente rápida.	4,90	,308	20
Los requerimientos del usuario se han incorporado en la aplicación	4,75	,550	20
Las tareas y funciones de la aplicación se han realizado de manera satisfactoria	4,80	,410	20
Durante la ejecución de funciones la aplicación muestra mensajes de ayuda, advertencia, etc.	4,85	,366	20
La interfaz de la aplicación es atractiva, fácil de utilizar	4,80	,410	20
Recomendaría la aplicación a otros usuarios	4,95	,224	20

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 54 se observa los valores correspondientes de la media y desviación de cada ítem de la encuesta realizada a 20 personas para medir la usabilidad de la aplicación web

Estadísticas de escala de la aplicación móvil

Tabla 55: *Estadísticas de escala de la usabilidad de la aplicación móvil*

Media	Varianza	Desv. Desviación	N de elementos
72,55	9,208	3,034	15

Elaborado por: Los autores

Análisis: En la Tabla 55 se observa los valores de la estadística de escala correspondientes al estudio de la usabilidad con una media de 72.55, con una varianza respectiva de 9.208 y una desviación de 3.034.

5. CONCLUSIONES

Las aplicaciones móviles para monitoreo de pacientes con enfermedades crónicas permiten evaluar en tiempo real sus condiciones de salud, generando alertas en casos de emergencias, lo cual permite que un círculo cercano de salud pueda actuar y tomar decisiones que permitan reducir tasas de mortalidad, garantizando la calidad asistencial de los pacientes especialmente crónicos, evitando también que nuevas patologías se desarrollen y se reduzcan los costos de atención médica, además con el acceso a la información disponible los pacientes pueden llevar un adecuado control de sus enfermedades. Las nuevas tecnologías de la información facilitan el desarrollo de aplicaciones mHealth como APPLE HEALTHKIT que tiene un 63% de descargas, GOOGLE FIT con un 45% y OPEN MHEALTH con un 20% en sus tiendas de aplicaciones

Para el desarrollo de aplicaciones web/móviles en las cuales los requisitos están cambiando con frecuencia es indispensable utilizar herramientas de desarrollo escalables como base de datos desarrolladas en MongoDB que trabaja con grandes colecciones de datos NoSQL, Node.js que permite con facilidad incorporar nuevos módulos y generar un alto rendimiento en proyectos de desarrollo con ejecución en tiempo real, Angular y Ionic que brinda la facilidad de reutilizar el código fuente.

La aplicación móvil permite monitorear la presión arterial del paciente en tiempo real en un ambiente emulado, generando alertas al círculo de salud integrado por: médico, familiar y paciente sobre algún cambio importante que las condiciones de salud del

paciente, a través de los datos de la presión arterial del paciente es posible evaluar algunos criterios para actuar y tomar decisiones oportunas. La aplicación web permite emitir reportes con los cuales se puede observar la evolución de la presión arterial y los cambios que ha sufrido el paciente durante un periodo de tiempo.

De acuerdo al criterio para el análisis de confiabilidad por medio del Alfa de Cronbach sugieren que el coeficiente alfa mayor a 0.9 es excelente, 0.80 – 0.89 es bueno, 0.70 – 0.79 es aceptable, 0.60 – 0.69 es cuestionable 0.50 – 0.59 es pobre y menor a 0.50 es inaceptable. A través del análisis de confiabilidad por medio del Alfa de Cronbach permitió determinar que la usabilidad de aplicación web es buena obteniendo como resultado un 0.817 (Tabla 32), mientras que la confiabilidad de la usabilidad de la aplicación móvil es buena con un resultado de 0.806 (Tabla 53).

6. RECOMENDACIONES

Para el uso del módulo ESP32 es necesario considerar que la lectura de los datos de presión arterial sean precisos, para lo cual es necesario manipularlo con debidas precauciones porque el mal uso puede provocar que las lecturas en la aplicación sean incorrectas y por lo tanto generar notificaciones innecesarias que preocupen al círculo de salud registrado en la aplicación.

A través del módulo ESP32 permite la transmisión de datos, utilizando Bluetooth minimiza los errores al momento que el usuario se encuentre a una distancia lejana de una cobertura Wi-Fi a diferencia de otros módulos de la familia ESP.

Para el desarrollo de aplicaciones web/móviles es recomendable utilizar el controlador de versiones GitHub porque permiten a los desarrolladores realizar aportaciones de código fuente y realizar un seguimiento de los cambios en las diferentes versiones. Además, es compatible con diferentes sistemas operativos y soporta varios lenguajes de programación.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J., & Mirón, J. (2017). Aplicaciones móviles en salud: potencial, normativa de seguridad y regulación. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 2307-2113.
- Campos, I., Hernández, L., Rojas, R., Pedroza, A., Medina, C., & Baquera, S. (2013). Hipertensión arterial: prevalencia, diagnóstico oportuno, control y tendencias en adultos mexicanos. *Salud Pública de México*, 5144-5150.
- Carrera, A., Pifarré, M., & Vilaplana, J. (2016). BP Control a Mobile App to Monitor Hypertensive Patients. *Applied clinical informatics*, 1120-1134.
- Chueke, D. (2015). Panorama de la Telemedicina. *eyeforpharma*, 1-6.
- Coca, A., López, P., Thomopoulos, C., & Zanchetti, A. (2017). Best antihypertensive strategies to improve blood pressure control in Latin America: Position of the Latin American Society of Hypertension. *Journal of Hypertension*, 1.
- Cuadrado, J., Vilaplana, J., J. M., Solsona, F., Solsona, S., Josep, R., . . . Torres, G. (2016). HBPF: a Home Blood Pressure Framework with SLA guarantees to follow up hypertensive patients. *PeerJ Computer Science*, 1-17.
- Darshi, S., & Kenneth , A. (2014). Telemonitoring: use in the management of hypertension. *Vascular Health and Risk Management*, 217-224.
- Enríquez, J., & Casas, S. (2013). Usabilidad en aplicaciones móviles. *Informes Científicos-Técnicos UNPA*, 25-47.
- Espressif. (27 de Octubre de 2019). *ESP32 Modules and Board*. Obtenido de <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/hw-reference/modules-and-boards.html>
- Gallardo, A., Franco, P., & Urtubey, X. (2019). Experiencia de pacientes con diabetes e hipertensión que participan en un programa de telemonitoreo. *CES Medicina*, 31-41.
- Herranz, Á. (2019). *Desarrollo de aplicaciones para IoT con el módulo ESP32*. Alcalá: Biblioteca Digital Universidad de Alcalá.
- Ionic Framework. (27 de Mayo de 2019). *What is ionic framework?* Obtenido de <https://ionicframework.com/docs/intro>
- Kuzmar, I., Rizo, M., & Cortés, E. (2014). Cómo crear un servicio de telemedicina: heptágono de la telemedicina. *Actualidad Médica*, 44-45.
- León, R., & Galán, R. (2014). *Introducción a la movilidad 4g/lte y el desarrollo de aplicaciones android*. Dextra.
- Linares , L., Linares, L., & Herrera, A. (2018). Telemedicina, impacto y perspectivas para la sociedad actual. *Universidad Médica Pinareñ*, 289-303.
- López, A., & Macaya, C. (2009). *Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA*. Bilbao: Editorial Nerea.

- mHealth App Developer Economics. (2016). The current status and trends of the mHealth app market. *Daman*.
- mHealth App Economics. (2017). Current Status and Future Trends in Mobile Health. *Daman*, 1-27.
- mHealth Developer Economics. (2018). *The largest research program on mHealth app publishing*. Daman.
- Mongoose. (25 de mayo de 2019). *Mongoose Elegant MongoDB object modeling for Node.js*. Obtenido de <https://mongoosejs.com/>
- Muñoz, O. (2018). *Evaluación de la usabilidad de una aplicación informática de envío y recepción de mensajes de texto para la comunicación entre profesionales de salud del primer nivel y pacientes*. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Nosseir, A., Flood, D., Harrison, R., & Ibrahim, O. (2012). Mobile development process spiral. *2012 Seventh International Conference on Computer Engineering Systems (ICCES)*, 281-286.
- Organización Mundial de la Salud. (2013). *Información general sobre la hipertensión en el mundo*. Ginebra: OMS.
- Pérez, M., León, J., & Fernández, M. (2011). El control de la hipertensión arterial: un problema no resuelto. *Revista Cubana de Medicina*, 311-323.
- Quiñonez, M., González, V., Torres, R., & Jumbo, M. (2017). Monitoreo de variables medioambientales usando una red de sensores inalámbricos y plataformas de Internet de las Cosas. *Enfoque UTE*, 8, 329-343. doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.139>
- Robledo, D. (2016). *Desarrollo de Aplicaciones para Android I*. (S. G. Técnica, & S. G. Publicaciones, Edits.) España.
- Rodríguez, R., Vera, P., Martínez, M., & Verbel de la Cruz, L. (2014). Aprovechamiento del hardware de los dispositivos móviles para la construcción de nuevas aplicaciones. *XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*.
- Sarasa, A. (2016). *Introducción a las bases de datos NoSQL usando MongoDB*. Barcelona: UOC.
- Vegesna, A., Tran, M., Angelaccio, M., & Arcona, S. (2017). Remote patient monitoring via non-invasive digital technologies: a systematic review. *Telemedicine and e-Health*, 3-17.
- Visual Studio Code. (25 de mayo de 2019). *Getting Started*. Obtenido de <https://code.visualstudio.com/docs>
- Visual Studio Code. (25 de mayo de 2019). *Node.js tutorial in visual studio code*. Obtenido de <https://code.visualstudio.com/docs/nodejs/nodejs-tutorial>
- Visual Studio Code. (25 de mayo de 2019). *Using version control in visual studio code*. Obtenido de <https://code.visualstudio.com/docs/editor/versioncontrol>

8. ANEXOS

Anexo 1: Modelo de la encuesta

TEST LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD

Fecha: _____

Tipo de usuario: _____

Efectividad

N°	Ítems	Totalmente en desacuerdo			Totalmente de acuerdo	
		1	2	3	4	5
1	La aplicación ha funcionado, no se ha detenido inesperadamente en algún momento					
2	La aplicación permite que el usuario aprenda con facilidad las funciones					
3	La aplicación ofrece seguridades al momento de utilizarla (Login, ...)					
4	La aplicación ofrece información de ayuda para ejecutar algunas funciones.					
5	Las tareas en la aplicación fueron completadas con éxito					

Eficiencia

N°	Ítems	1	2	3	4	5
1	La aplicación responde a la entrada y salida de datos.					
2	El software permite al usuario ejecutar funciones en pocas pulsaciones de teclas.					
3	Durante la ejecución de una función se puede inferir con facilidad las operaciones de la aplicación					
4	Las tareas en la aplicación se pueden realizar de manera intuitiva y directa					
5	La interacción de la aplicación es lo suficientemente rápida.					

Satisfacción

N°	Ítems	1	2	3	4	5
1	Los requerimientos del usuario se han incorporado en la aplicación					
2	Las tareas y funciones de la aplicación se han realizado de manera satisfactoria					
3	Durante la ejecución de funciones la aplicación muestra mensajes de ayuda, advertencia, etc.					
4	La interfaz de la aplicación es atractiva, fácil de utilizar					
5	Recomendaría la aplicación a otros usuarios					

Anexo 2: Encuesta aplicada a un médico del Hospital Universitario Andino de Riobamba

TEST LA EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD

Fecha: 13-02-2020

Tipo de usuario: Médico

Efectividad

N°	Ítems	Totalmente en desacuerdo			Totalmente de acuerdo	
		1	2	3	4	5
1	La aplicación ha funcionado, no se ha detenido inesperadamente en algún momento					✓
2	La aplicación permite que el usuario aprenda con facilidad las funciones					✓
3	La aplicación ofrece seguridades al momento de utilizarla (Login, ...)					✓
4	La aplicación ofrece información de ayuda para ejecutar algunas funciones.					✓
5	Las tareas en la aplicación fueron completadas con éxito					✓

Eficiencia

N°	Ítems	1	2	3	4	5
1	La aplicación responde a la entrada y salida de datos.					✓
2	El software permite al usuario ejecutar funciones en pocas pulsaciones de teclas.					✓
3	Durante la ejecución de una función se puede inferir con facilidad las operaciones de la aplicación					✓
4	Las tareas en la aplicación se pueden realizar de manera intuitiva y directa					✓
5	La interacción de la aplicación es lo suficientemente rápida.					✓

Satisfacción

N°	Ítems	1	2	3	4	5
1	Los requerimientos del usuario se han incorporado en la aplicación					✓
2	Las tareas y funciones de la aplicación se han realizado de manera satisfactoria					✓
3	Durante la ejecución de funciones la aplicación muestra mensajes de ayuda, advertencia, etc.					✓
4	La interfaz de la aplicación es atractiva, fácil de utilizar					✓
5	Recomendaría la aplicación a otros usuarios					✓

Figura 17: Encuesta aplicada a un usuario médico
Elaborado por: Los autores

Anexo 3: Diagrama de casos de uso UML

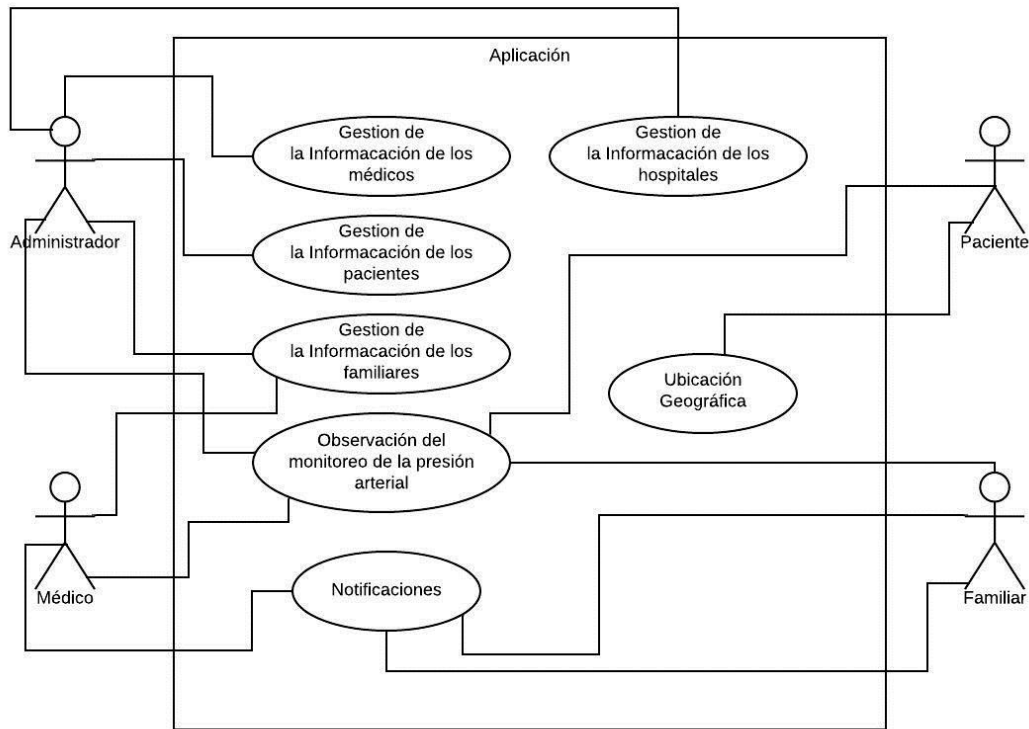


Figura 18: Diagrama de casos de uso UML
Elaborado por: Los autores

En la Figura 18 se observa el diagrama de casos de uso UML de la aplicación, en la cual el usuario Administrador gestiona la información de los médicos, hospitales, pacientes, familiares y puede observar el monitoreo de la presión arterial de los pacientes.

El usuario médico puede gestionar la información de los familiares, observar el monitoreo de la presión arterial y recibir notificaciones al correo electrónico registrado.

El usuario paciente únicamente puede observar el monitoreo de la presión arterial y en el mapa observar su ubicación y centro de salud en el cual se encuentra registrado.

El usuario familiar puede observar el monitoreo de la presión arterial del paciente y recibir notificaciones a su correo electrónico con el cual se encuentra registrado.

Anexo 4: Vistas de la aplicación web

Vista de Inicio de sesión

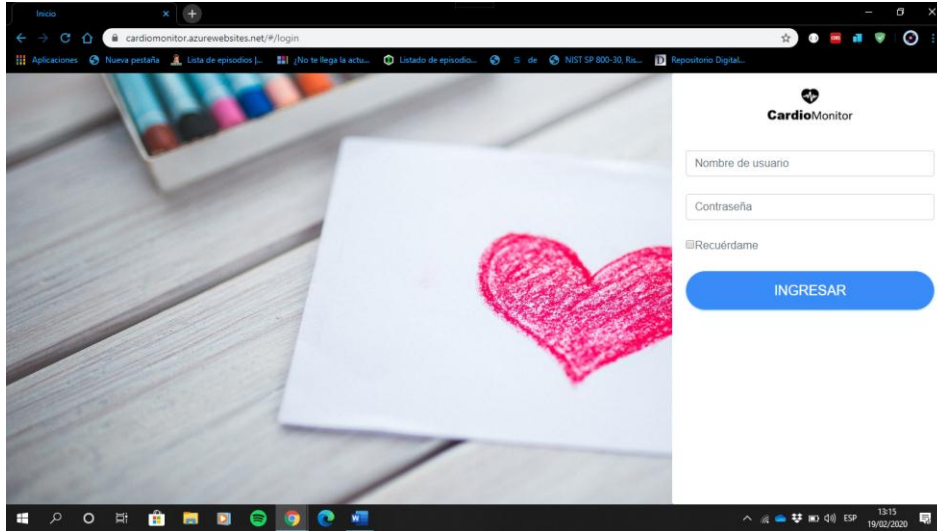


Figura 19: Vista de inicio de sesión de la aplicación web
Elaborado por: Los autores

La aplicación web se encuentra alojada momentáneamente en el servidor de Microsoft Azure y se puede acceder mediante el enlace www.cardiomonitor.azurewebsites.net como se observa en la Figura 19.

Vista del administrador en la aplicación web

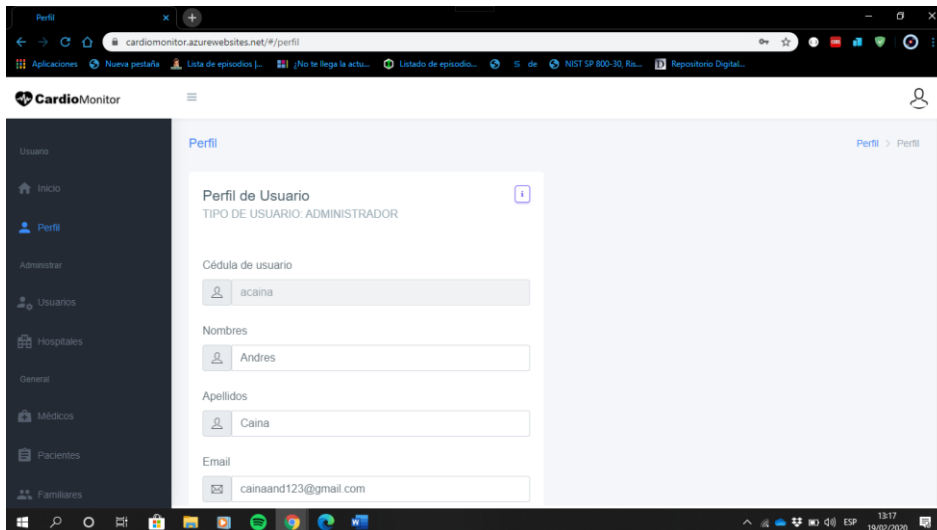


Figura 20: Vista del dashboard disponible para el administrador.
Elaborado por: Los autores

En la Figura 20 se observa la vista del administrador el cual puede controlar todos los módulos de la aplicación como son: usuarios, hospitales, médicos, pacientes y familiares

Vista del médico en la aplicación web

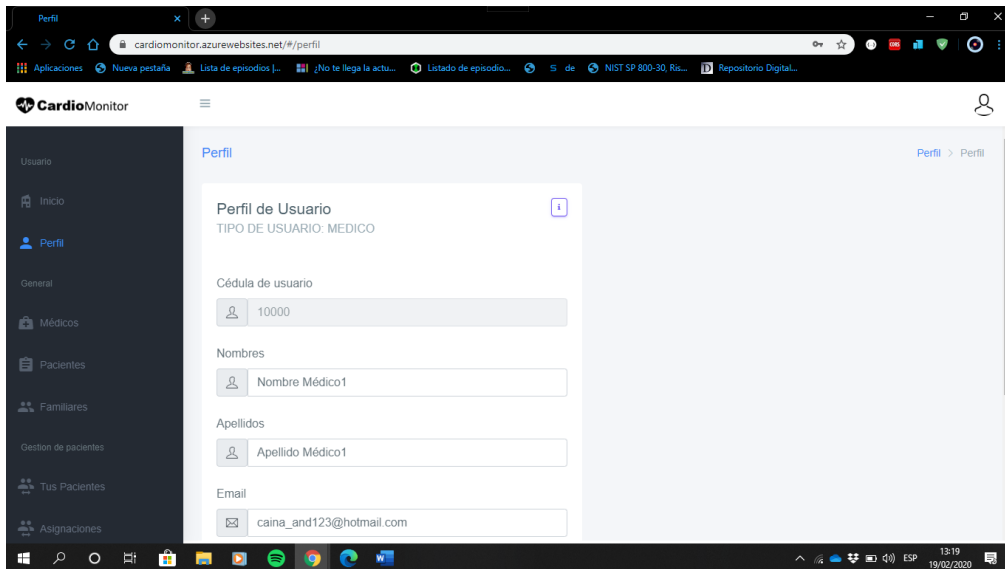


Figura 21: Vista del dashboard disponible para el médico.
Elaborado por: Los autores

En la Figura 21 se observa la vista del médico en el cual el usuario puede controlar los módulos de la aplicación como son: médicos, pacientes, familiares, sus pacientes y asignaciones en.

Vista del paciente en la aplicación web

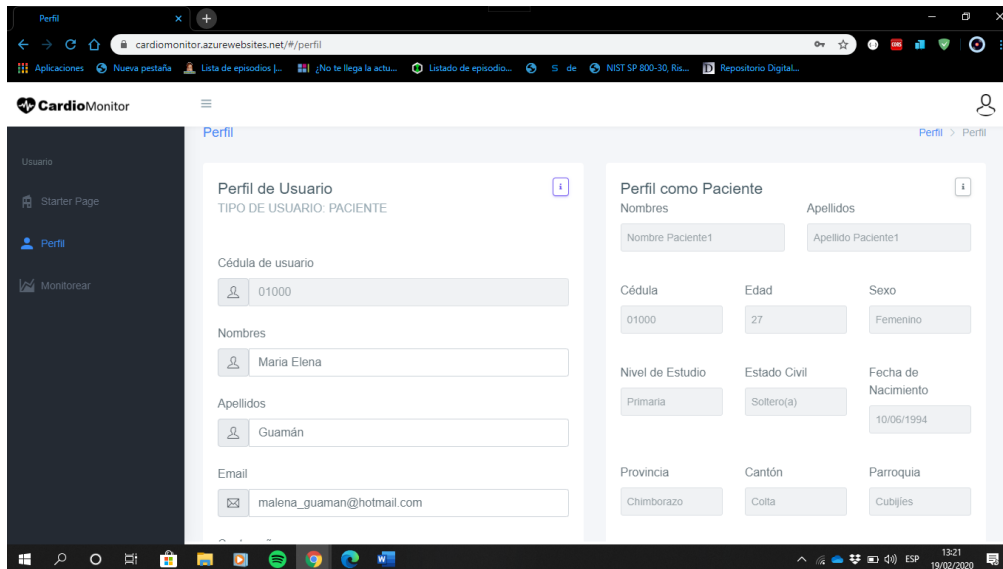


Figura 22: Vista del dashboard disponible para el paciente.
Elaborado por: Los autores

En la Figura 22 se observar la vista del usuario paciente que puede controlar los módulos de perfil y monitoreo de la aplicación web.

Vista del familiar en la aplicación web

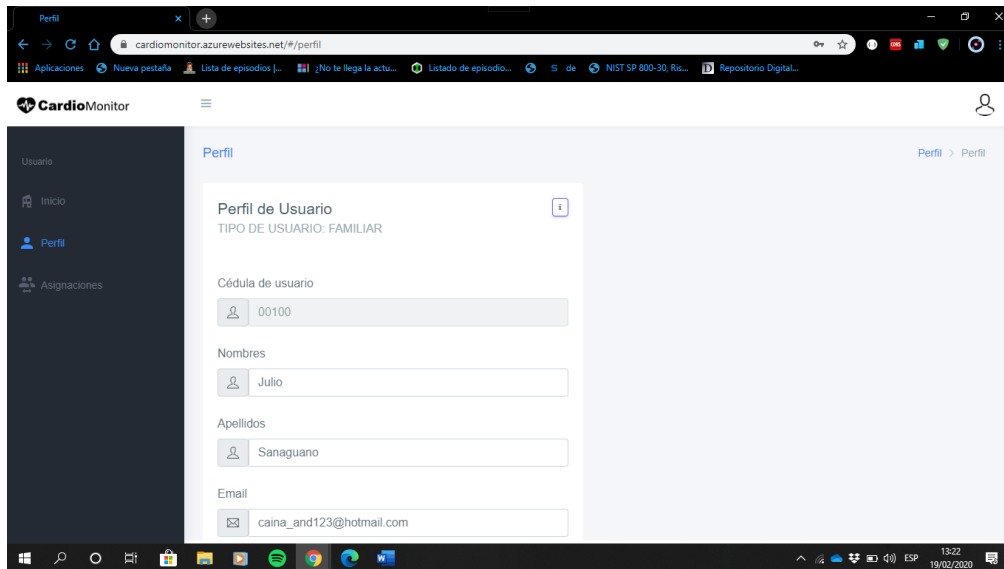


Figura 23: Vista del dashboard disponible para el familiar.
Elaborado por: Los autores

En la Figura 23 se observa la vista del familiar en el cual el usuario puede controlar los módulos de perfil y asignaciones delegadas por un médico de la aplicación web.

Vista del monitoreo de un paciente en la aplicación web

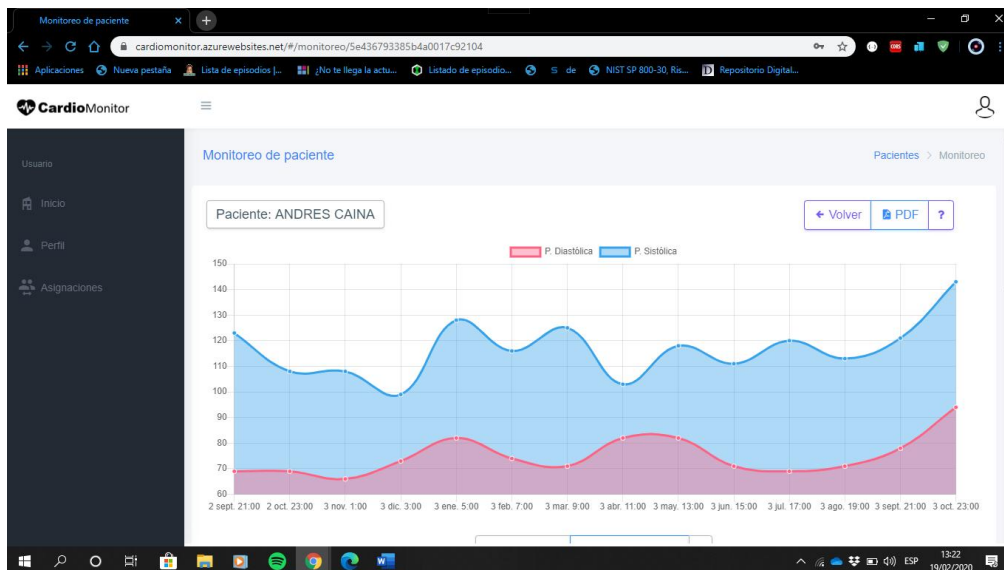


Figura 24: Vista del monitoreo del paciente.
Elaborado por: Los autores

En la vista del monitoreo el usuario puede observar la información de los registros del monitoreo capturados en la aplicación móvil, incluso podrá generar reportes como se puede observar en la Figura 24.

Anexo 5: Vistas de la aplicación móvil

Vista pantalla de inicio de la aplicación móvil



Figura 25: Vista de pantalla de inicio de la aplicación web
Elaborado por: Los autores

La pantalla de inicio tiene un botón para empezar a usar la aplicación como se observa en la Figura 25.

Vista pantalla de inicio de sesión de la aplicación móvil

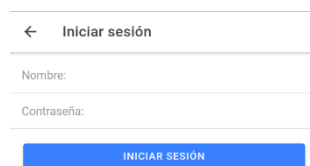


Figura 26: Vista de inicio de sesión de la aplicación móvil
Elaborado por: Los autores

En cuanto a seguridad, la aplicación móvil provee un inicio de sesión que gestiona el acceso de médicos, pacientes y familiares como se puede observar en la Figura 26.

Vista del paciente en la aplicación móvil.

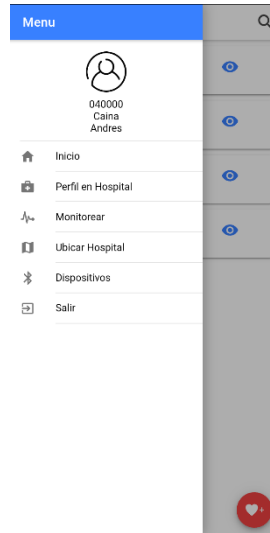


Figura 27: Vista módulos disponibles para el familiar.
Elaborado por: Los autores

En la vista del paciente el usuario puede ver la ventana de inicio y los módulos de perfil, hospital, monitoreo, ubicación del hospital y dispositivos de la aplicación móvil como se puede observar en la Figura 27.

Vista del médico y familiar en la aplicación móvil

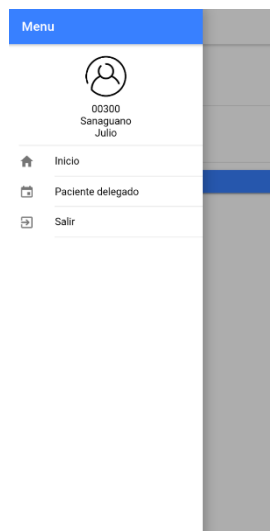


Figura 28: Vista módulos disponibles para el médico y familiar.
Elaborado por: Los autores

En la vista del médico y familiar, los usuarios pueden ver la ventana de inicio, los módulos de perfil, y paciente delegado de la aplicación móvil como se observar en la Figura 28.

Vista de los pacientes delegados en la aplicación móvil para el médico y familiar.



Figura 29: Vista pacientes delegados disponible para médico y familiar.
Elaborado por: Los autores

En la vista de las delegaciones se puede ver los pacientes asignados a un médico o un familiar y dar seguimiento al monitorearlos del paciente como se observa en la Figura 29.

Vista de los registros del monitoreo de la aplicación móvil.



Figura 30: Vista de los registros del monitoreo.
Elaborado por: Los autores

En la vista de monitoreo se puede ver los registros del monitoreo con más detalles del paciente como se observa en la Figura 30.

Vista de la gráfica del monitoreo de la aplicación móvil.

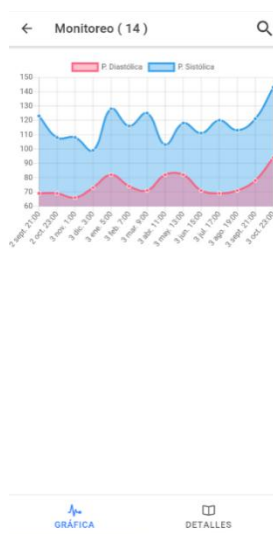


Figura 31: Vista de la gráfica de los registros disponibles para todos los usuarios.
Elaborado por: Los autores

En la vista de monitoreo se muestra la gráfica generada por los registros del monitoreo del paciente como se puede observar en la Figura 31.

Vista de los dispositivos bluetooth de la aplicación móvil.



Figura 32: Vista de los dispositivos bluetooth conectados disponibles para los pacientes.
Elaborado por: Los autores

En la vista de los dispositivos bluetooth se puede gestionar a los dispositivos emparejados por el paciente como se observa en la Figura 32.

Vista para ubicar hospital de la aplicación móvil.

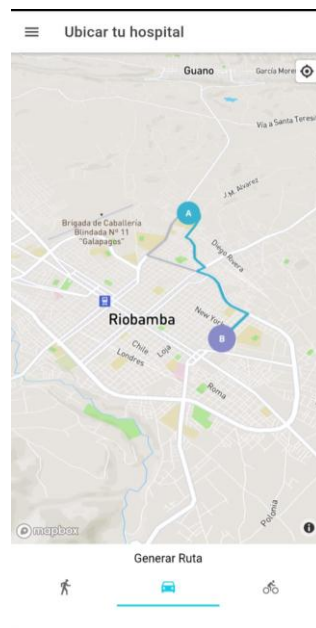


Figura 33: Vista de los hospitales registrados.
Elaborado por: Los autores

En la vista de ubicar tu hospital, el paciente podrá generar rutas en diferentes casos, es decir si va a pie, en auto o en bicicleta, todos con destino al hospital como se observar en la Figura 31.

Anexo 6: Notificaciones al correo electrónico

Notificación por incremento de la presión arterial

Reporte de paciente Elsa

Reporte de paciente (Incremento de presión)

Cédula: 01000
Nombre del paciente: Elsa Guamán
Edad: 27
Localidad: Chimborazo, Colta, Cubijes

Se ha detectado un incremento constante de la presión en los últimos 3 monitoreos:

Fecha de control	Presión Sistólica	Presión Diastólica	Observaciones
02/27/2020, 10:34 PM	113	71	Presión óptima
02/27/2020, 10:34 PM	121	78	Presión Normal
02/27/2020, 10:34 PM	143 (Nuevo)	94 (Nuevo)	Presión alta Grado 1

Gracias por confiar en nosotros 😊

Figura 34: Notificación al correo electrónico por incremento de la presión arterial
Elaborado por: Los autores

En la Figura 34 se observa la notificación al correo electrónico del paciente cuando la presión arterial del se va incrementando en cada monitoreo.

Notificación por índice de presión arterial alta

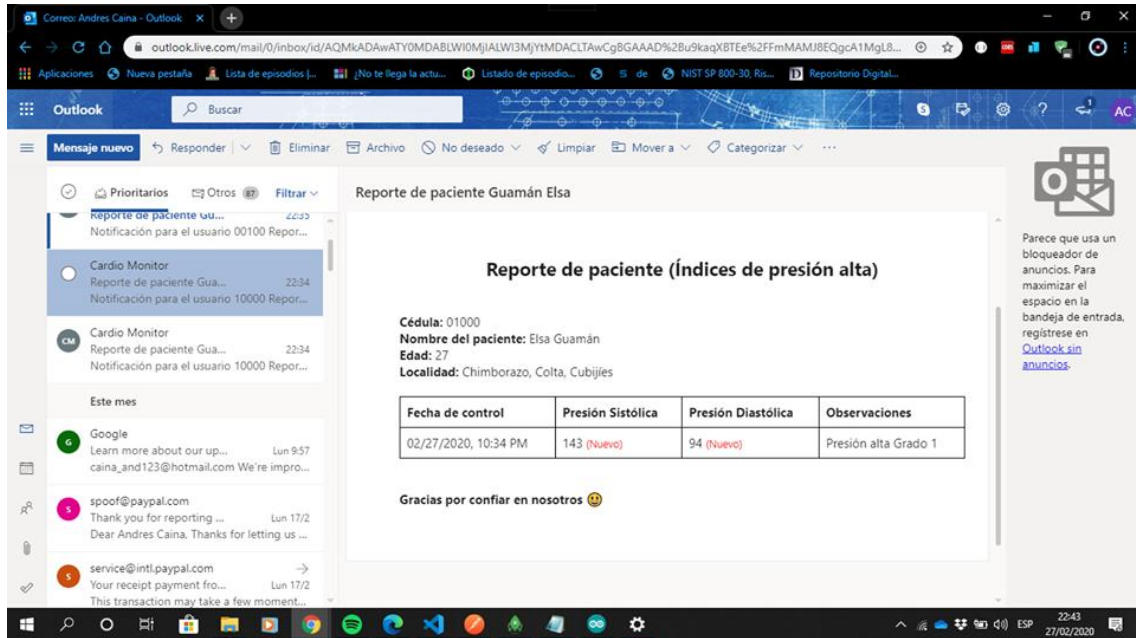


Figura 35: Notificación al correo electrónico por índice de presión arterial alta
Elaborado por: Los autores

En la Figura 35 se observa la notificación al correo electrónico del paciente cuando la presión arterial se ha elevado durante el monitoreo.

Anexo 7: Reporte de la presión arterial del paciente

Paciente: ELSA GUAMÁN

Información General

Cédula: 01000

Nombres: Elsa

Apellidos: Guamán

Edad: 25

Sexo: Femenino

Estado Civil: Soltero(a)

Fecha de Nacimiento: 6/10/1994

Nivel de estudio: Primaria

Ubicación

Provincia: Chimborazo

Canton: Riobamba

Parroquia: Maldonado

Contacto

Email: elsygy@hotmail.com

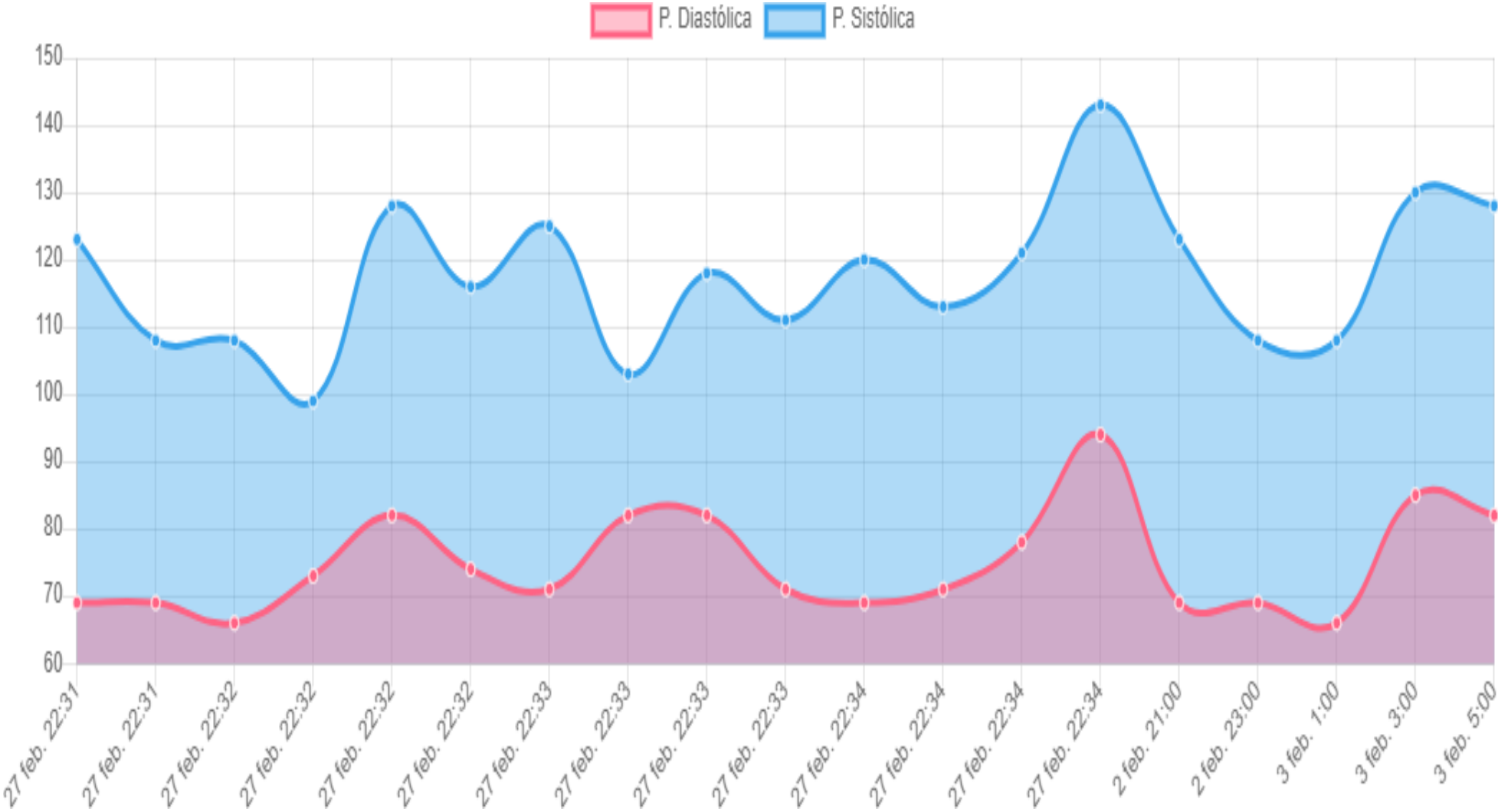
Telefono: 2963124

Móvil: 0983470146

Datos de monitoreo:

Fecha	Presión Sistólica	Presión Diastólica	Observaciones
27 feb. 2020 22:31	123	69	Presión Normal
27 feb. 2020 22:31	108	69	Presión óptima
27 feb. 2020 22:32	108	66	Presión óptima
27 feb. 2020 22:32	99	73	Presión óptima
27 feb. 2020 22:32	128	82	Presión Normal
27 feb. 2020 22:32	116	74	Presión óptima
27 feb. 2020 22:33	125	71	Presión Normal
27 feb. 2020 22:33	103	82	Presión Normal
27 feb. 2020 22:33	118	82	Presión Normal
27 feb. 2020 22:33	111	71	Presión óptima
27 feb. 2020 22:34	120	69	Presión óptima
27 feb. 2020 22:34	113	71	Presión óptima
27 feb. 2020 22:34	121	78	Presión Normal
27 feb. 2020 22:34	143	94	Presión alta Grado 1
2 feb. 2020 21:00	123	69	Presión Normal
2 feb. 2020 23:00	108	69	Presión óptima
3 feb. 2020 1:00	108	66	Presión óptima
3 feb. 2020 3:00	130	85	Presión óptima
3 feb. 2020 5:00	128	82	Presión Normal

Gráfica:



9. PROPUESTA

Con el propósito de mejorar la asistencia ambulatoria a pacientes con enfermedades crónicas como por ejemplo hipertensión, diabetes, enfermedades cardiovasculares, entre otras; el presente trabajo de investigación pretende fomentar el uso de tecnologías escalables para el desarrollo de aplicaciones mHealth,

Este tipo de aplicaciones permite mejorar la calidad de la salud de los pacientes como por ejemplo Doctoralia una aplicación que sirve para gestionar citas médicas, encontrar especialistas y ha sido premiada en el App Circus.

El proyecto de investigación actualmente se encuentra desarrollado en una primera fase, el mismo que a través de la emulación de datos de la presión arterial del paciente programada en el módulo ESP32, la aplicación genera notificaciones al círculo de salud para ello; se propone la incorporación de sensores que permitan la captura de datos de la presión arterial en tiempo real de los pacientes.

La integración del sistema permitirá agilizar procesos clínicos, reducir los costos de atención médica y mejorar la calidad de la salud de los pacientes.