



Desarrollo de una aplicación móvil multiplataforma basado en la tele asesoría médica que permita mejorar el seguimiento a personas expuestas al contagio de COVID-19 utilizando analítica de datos en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga

Chiriboga Yanchaguano, Eddy Sebastián y Collaguazo Pozo, Santiago David

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Ingeniería en Software

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Software

Dr. Carrillo Medina, José Luis

Latacunga – Ecuador

26 de agosto del 2021



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERIA EN SOFTWARE

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Desarrollo de una aplicación móvil multiplataforma basado en la tele asesoría médica que permita mejorar el seguimiento a personas expuestas al contagio de COVID-19 utilizando analítica de datos en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga”** fue realizado por los señores **Chiriboga Yanchaguano, Eddy Sebastián** y **Collaguazo Pozo, Santiago David** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 26 de agosto del 2021

JOSE LUIS Fecha:
CARRILLO MEDINA 2021.08.26
- 0501553788 21:01:30 -05'00'

Dr. Carrillo Medina, José Luis

C.C.: 0501553788

REPORTE DEL URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis - Desarrollo de una aplicación móvil multiplataforma Sr. Collaguazo - Sr. Chiriboga.pdf (D111679107)
 Submitted: 8/25/2021 6:48:00 PM
 Submitted By: loretaibarra@yahoo.es
 Significance: 2 %

Sources included in the report:

Tesis_Guaila_Rosas_SW_18-03-2021.docx (D98843178)
<https://www.eluniverso.com/larevista/salud/cuantas-vacunas-contr-la-covid-existen-y-cuales-han-sido-aprobadas-por-la-oms-nota/>
<https://doi.org/10.37980/im.journal.rmdp.2020872>
<https://doi.org/10.1186/s40779-020-00240-0>
<https://docplayer.es/86026837-La-guia-de-scrum-la-guia-definitiva-de-scrum-las-reglas-del-juego-noviembre-2017.html>
<https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-COVID-19---13-july-2021>
<https://doi.org/10.1186/s40249-020-00679-2>
<https://1library.co/document/y96jdwvy-myplaces-aplicacion-gestionar-compartir-lugares-favoritos.html>
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/45328/1/B-CISC-PTG-1683%20Aray%20Velarde%20Angelo%20Sebastian%20-%20Mac%C3%ADas%20Rodr%C3%ADguez%20Jonathan%20Joel.pdf>

Instances where selected sources appear:

13

JOSE LUIS CARRILLO MEDINA - 0501553788
 Fecha: 2021.08.26 09:30:02 -05'00'

Dr. Carrillo Medina, José Luis

C.C.: 0501553788



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERIA EN SOFTWARE

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Chiriboga Yanchaguano Eddy Sebastián** con cédula de ciudadanía N° 0503209694 y **Collaguazo Pozo Santiago David** con cédula de ciudadanía N° **1725029480**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Desarrollo de una aplicación móvil multiplataforma basado en la tele asesoría médica que permita mejorar el seguimiento a personas expuestas al contagio de covid19 utilizando analítica de datos en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga 26 de agosto del 2021

.....
Eddy Sebastián Chiriboga Yanchaguano
C.C.: 0503209694

.....
Santiago David Collaguazo Pozo
C.C.: 1725029480



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERIA EN SOFTWARE

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo/ nosotros **Chiriboga Yanchaguano Eddy Sebastián** con cédula de ciudadanía N° 0503209694 y **Collaguazo Pozo Santiago David**, con cédula de ciudadanía N° 1725029480, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Desarrollo de una aplicación móvil multiplataforma basado en la tele asesoría médica que permita mejorar el seguimiento a personas expuestas al contagio de covid19 utilizando analítica de datos en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga 26 de agosto del 2021

.....
Eddy Sebastián Chiriboga Yanchaguano
C.C.: 0503209694

.....
Santiago David Collaguazo Pozo
C.C.: 1725029480

Dedicatoria

Quiero dedicarle este trabajo primero a Dios, por su inmenso amor y por guiarme siempre por el camino correcto, por estar presente en mis momentos más difíciles y brindarme la sabiduría y el coraje para nunca desfallecer.

A mi padre Edy Orlando Chiriboga Huilcamaigua, un hombre honesto, amoroso y trabajador, que a pesar de todas las dificultades nunca se rindió, y me enseñó que la única forma de enfrentar las situaciones difíciles es con coraje y una fe inquebrantable en Dios y la familia, porque siempre vio cualidades buenas en mí y que nunca dejo de creer en mi potencial, gracias por no abandonarme y siempre estar presente con tu ejemplo y tus palabras de aliento.

A mi madre Elsa Marina Yanchaguano Pila, una mujer amorosa, disciplinada y trabajadora, que desde el momento en el que nació estuvo dispuesta a sacrificarse para brindarme las mejores oportunidades, una madre que me inculco muchos valores y que gracias a ellos me he convertido en un hombre de bien, siempre pendiente de mí y lista para ayudarme a superar cualquier prueba que se me presentara.

A mi hermano Francisco Esteban Chiriboga Yanchaguano, juntos hemos recorrido un camino muy difícil, pero siempre supe que podía contar con tu apoyo, gracias por ayudarme a ver muchas cualidades en mí y por creer que puedo llegar a conseguir lo que me proponga.

A toda mi familia, tíos, tías, primos y primas, que de alguna u otra forma siempre me brindaron consejos y palabras de aliento para nunca desfallecer en el camino que tome por decisión propia, pero en especial a mi querida abuelita Carmen Amelia Pila Santo, tú que siempre me cuidaste con mucho amor y disciplina, que me diste tu apoyo incondicional cuando más lo necesite y nunca nos abandonaste siempre recibiéndonos con una sonrisa y con amor en tu hogar.

A mi abuelo Segundo Arcesio Chiriboga Rivera, en donde sea que te encuentres quiero que sepas que tu legado vive a través de tu hijo y todas tus lecciones como el trabajo duro, el respeto a tus mayores y tu amor por Dios me dieron la fuerza para convertirme en una buena persona.

Chiriboga Yanchaguano Eddy Sebastián

Dedicatoria

Dedico con mucho cariño principalmente a mis padres Omar David Collaguazo Simba y Ana Lucia Pozo Cajamarca por darme la oportunidad de prepararme académicamente. Además de su infinita paciencia, constancia y esfuerzo que dieron durante el tiempo que pase lejos de casa. A mis queridas hermanas Daniela y Gabriela, que siempre estuvieron apoyándome junto a mi sobrino Ian. Y principalmente a Dios que me provee de salud, alimentos y un techo para vivir.

Collaguazo Pozo Santiago David

Agradecimiento

Al Dr. José Luis Carrillo Medina director de tesis, por su paciencia y valiosa orientación brindada para el desarrollo exitoso de este trabajo de titulación

Al Dr. Bolívar Llamuca médico de la institución, por su orientación desinteresada y todos los consejos y correcciones que hicieron posible construir este proyecto con éxito.

A la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE, por impartir el valioso conocimiento que nos sirvo para poder realizar este trabajo, además de permitirme implementar el proyecto en sus instalaciones contando con el apoyo de todo el personal de la institución.

A mi padre y madre, gracias a su apoyo incondicional y a su determinación para afrontar las pruebas que la vida les puso enfrente, pude disfrutar de muchas oportunidades que me permitieron llegar a culminar esta gran meta. Sus valores y enseñanzas forjaron el camino que me conduce a cumplir mis sueños y mis metas, quiero que sepan que sus sacrificios rindieron fruto.

A mi hermano la persona que me ayudo a darme cuenta de mi inmenso potencial, gracias a sus palabras pude encontrar el valor necesario para afrontar todas las pruebas que se me presentan, espero poder ser siempre su ejemplo y su apoyo incondicional.

A mi amigo y compañero Collaguazo Pozo Santiago David, que gracias a sus conocimientos y apoyo pude completar el desarrollo de este trabajo.

A todos mis docentes que me compartieron su conocimiento para formarme con un profesional excelente.

Chiriboga Yanchaguano Eddy Sebastián

Agradecimiento

A mis padres, David y Anita por el apoyo que me brindaron y el sacrificio que realizaron para ayudarme a continuar con mis estudios. Además, agradezco toda la confianza que depositaron en mí, para superarme académicamente.

A mis hermanas y familiares que siempre estuvieron pendientes de mí, brindándome su motivación para seguir adelante.

A mi amigo y compañero Chiriboga Yanchaguano Eddy Sebastián, por el esfuerzo, sacrificio y la compañía ofrecida durante el periodo de preparación en las aulas y la elaboración de este proyecto de tesis.

Al Dr. José Luis Carrillo Medina director de tesis, por los conocimientos compartidos en el aula de clases, la paciencia y la valiosa orientación para la elaboración de este proyecto de tesis.

Al Dr. Bolívar Llamuca médico de la institución, por la predisposición durante el proceso de elaboración y validación del proyecto de tesis.

Finalmente, Agradezco a todos los docentes de la carrera de ingeniería en Software de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga por la excelente formación que he recibido.

Tabla de contenido

Carátula	1
Certificación	2
Reporte Del Urkund	3
Responsabilidad De Autoría	4
Autorización De Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento	8
Agradecimiento	9
Tabla de contenido	10
Índice de tablas	13
Índice de figuras.....	15
Resumen	17
Abstract.....	18
Generalidades	19
Introducción	19
Planteamiento y Formulación del Problema.....	23
Justificación e Importancia	24
Objetivos.....	25
<i>Objetivos General</i>	25
<i>Objetivos Específicos</i>	25
Hipótesis.....	26
Variables de la investigación	26
<i>Indicadores</i>	26
Marco teórico.....	27

Introducción del capítulo	27
Antecedentes históricos	27
Antecedentes Conceptuales y Referenciales.....	30
<i>Conceptos relacionados al problema</i>	30
<i>Conceptos relacionados a la metodología</i>	31
<i>Conceptos relacionados a las tecnologías utilizadas</i>	38
Conceptos relacionados a las tecnologías utilizadas en el desarrollo del aplicativo móvil multiplataforma.	38
Conceptos relacionados a las tecnologías utilizadas en la analítica de datos.....	41
Antecedentes Contextuales	45
Desarrollo de la aplicación.....	47
Introducción	47
Arquitectura.....	47
<i>Bloc y la arquitectura en 3 capas</i>	48
Desarrollo del proyecto	49
<i>Producto Backlog</i>	49
<i>Sprint N°1</i>	51
<i>Historias de usuario</i>	51
<i>Sprint backlog</i>	55
<i>Burndown chart</i>	56
<i>Presentación de artefactos</i>	56
<i>Sprint N°2</i>	61
<i>Historias de usuario</i>	61
<i>Sprint backlog</i>	65
<i>Burndown chart</i>	66
<i>Presentación de artefactos</i>	66

Sprint N°3.....	70
<i>Historias de usuario.....</i>	<i>70</i>
<i>Sprint backlog.....</i>	<i>73</i>
<i>Burndown chart.....</i>	<i>74</i>
<i>Presentación de artefactos.....</i>	<i>74</i>
Validación.....	78
Introducción	78
Pruebas.....	79
Análisis de resultados	86
<i>Análisis de series de tiempo.....</i>	<i>88</i>
<i>Análisis de comportamiento (Kmeans).....</i>	<i>107</i>
<i>Análisis de mapas de calor</i>	<i>111</i>
Análisis de satisfacción del uso del aplicativo móvil.....	114
Conclusiones y Recomendaciones	122
Conclusiones.....	122
Recomendaciones	124
Bibliografía.....	125
Anexos.....	133

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Product Backlog del proyecto</i>	50
Tabla 2 <i>Historia de usuario del Cuestionario virtual de COVID-19</i>	51
Tabla 3 <i>Historia de usuario del Registro de pacientes para inicio de sesión</i>	52
Tabla 4 <i>Historia de usuario del Registro datos demográficos, antecedentes ginecológicos y, antecedentes factores de riesgo</i>	53
Tabla 5 <i>Historia de usuario de Geolocalización</i>	54
Tabla 6 <i>Historia de usuario de la Visualización de datos del paciente</i>	61
Tabla 7 <i>Historia de usuario del Inicio de sesión</i>	62
Tabla 8 <i>Historias de usuario del Registro de seguimientos</i>	63
Tabla 9 <i>Historia de usuarios de la Visualización de seguimientos</i>	64
Tabla 10 <i>Historia de usuario de Notificaciones push</i>	70
Tabla 11 <i>Historia de usuario de Visualización de documentos PDF</i>	71
Tabla 12 <i>Historia de usuario de Videollamadas</i>	72
Tabla 13 <i>Lista de Chequeo N°1 - Cuestionario virtual de COVID-19</i>	79
Tabla 14 <i>Lista de Chequeo N° 2 - Registro de datos del paciente para inicio de sesión</i>	80
Tabla 15 <i>Lista de Chequeo N° 3 - Registro de datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo</i>	81
Tabla 16 <i>Lista de Chequeo N°4 – Geolocalización</i>	81
Tabla 17 <i>Lista de Chequeo N°5 - Visualización de datos del paciente</i>	82
Tabla 18 <i>Lista de Chequeo N°6 - Inicio de sesión</i>	82
Tabla 19 <i>Lista de Chequeo N°7 - Registro de seguimientos</i>	83
Tabla 20 <i>Lista de Chequeo N°8 - Visualización de Seguimientos</i>	84
Tabla 21 <i>Lista de Chequeo N°9 - Notificaciones push</i>	84
Tabla 22 <i>Lista de Chequeo N°10 - Visualizador de documentos PDF</i>	84
Tabla 23 <i>Lista de Chequeo N°11 – Videollamada</i>	85
Tabla 24 <i>Tabla resumen sobre la selección de pacientes para los análisis</i>	86
Tabla 25 <i>Casos de COVID-19</i>	88
Tabla 26 <i>Indicadores de parámetros normales, sospechosos y confirmados sobre los signos vitales</i>	90
Tabla 27 <i>Tabla de las temperaturas máximas y mínimas del paciente uno</i>	94
Tabla 28 <i>Tabla de las saturaciones máximas y mínimas</i>	94

Tabla 29 <i>Tabla del ritmo cardíaco máximo y mínimo</i>	95
Tabla 30 <i>Tabla de la Temperatura máximo y mínima del paciente setenta y nueve con su diagnóstico</i>	98
Tabla 31 <i>Tabla de las saturaciones máximas y mínimas</i>	98
Tabla 32 <i>Tabla del ritmo cardíaco máximo y mínimo</i>	98
Tabla 33 <i>Tabla de temperatura promedio móvil de siete días</i>	100
Tabla 34 <i>Tabla temperatura promedio de catorce días</i>	101
Tabla 35 <i>Tabla de saturación de oxígeno promedio de siete días</i>	102
Tabla 36 <i>Tabla de la saturación de oxígeno promedio de catorce días del paciente uno</i>	103
Tabla 37 <i>Ritmo cardíaco promedio de siete días del paciente uno</i>	104
Tabla 38 <i>Tabla del ritmo cardíaco promedio de catorce días</i>	105
Tabla 39 <i>Resumen de la información estadística de los clústeres</i>	110
Tabla 40 <i>Satisfacción de uso del aplicativo en los pacientes</i>	114
Tabla 41 <i>Uso de la asesoría médica virtual en los pacientes</i>	116
Tabla 42 <i>Soporte médico adecuado a los pacientes</i>	117
Tabla 43 <i>Motivo por el cual no utilizaron la asesoría médica virtual</i>	118
Tabla 44 <i>Satisfacción de uso del aplicativo móvil en los doctores</i>	119

Índice de figuras

Figura 1 <i>Diagrama de la arquitectura del sistema</i>	48
Figura 2 <i>Diagrama de la arquitectura en capas</i>	49
Figura 3 <i>Sprint Backlog - Sprint N°1</i>	55
Figura 4 <i>Burndown chart - Spring N°1</i>	56
Figura 5 <i>Pantalla del cuestionario virtual de COVID-19</i>	57
Figura 6 <i>Pantallas de los resultados del cuestionario virtual de COVID-19</i>	58
Figura 7 <i>Pantalla registro de datos del paciente para inicio de sesión</i>	59
Figura 8 <i>Pantallas del registro de datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo</i>	60
Figura 9 <i>Pantallas de los permisos de geolocalización</i>	61
Figura 10 <i>Sprint backlog - Sprint N°2</i>	65
Figura 11 <i>Burndown chart - Sprint N°2</i>	66
Figura 12 <i>Pantallas de visualización de datos del paciente</i>	67
Figura 13 <i>Pantallas de inicio de sesión</i>	68
Figura 14 <i>Pantallas del registro de seguimientos</i>	69
Figura 15 <i>Pantalla de visualización de seguimientos</i>	70
Figura 16 <i>Sprint backlog - Sprint N°3</i>	73
Figura 17 <i>Burndown chart - Sprint N°3</i>	74
Figura 18 <i>Pantallas de notificaciones push</i>	75
Figura 19 <i>Pantallas de visualizador de documentos PDF</i>	76
Figura 20 <i>Pantalla de videollamada</i>	77
Figura 21 <i>Gráfica de barras - Selección de pacientes para los análisis</i>	87
Figura 22 <i>Casos de COVID-19</i>	88
Figura 23 <i>Gráfica de la serie de tiempo de la temperatura del paciente cero</i>	91
Figura 24 <i>Gráfica de series de tiempo de la saturación de oxígeno del paciente cero</i>	91
Figura 25 <i>Gráfica de series de tiempo del ritmo cardíaco del paciente cero</i>	92
Figura 26 <i>Gráfica de la serie de tiempo de la temperatura del paciente uno</i>	93
Figura 27 <i>Gráfica de la serie de tiempo de la saturación de oxígeno del paciente uno</i>	93
Figura 28 <i>Gráfica de la serie de tiempo del ritmo cardíaco del paciente uno</i>	94

Figura 29 <i>Gráfica de la serie de tiempo de la temperatura del paciente sesenta y nueve</i>	96
Figura 30 <i>Gráfica de la serie de tiempo de la saturación de oxígeno del paciente sesenta y siete</i>	97
Figura 31 <i>Gráfica de la serie de tiempo del ritmo cardíaco del paciente setenta y nueve</i>	97
Figura 32 <i>Gráfica de la temperatura promedio de siete días del paciente uno</i>	100
Figura 33 <i>Gráfica de temperatura Promedio de catorce días del paciente uno</i>	101
Figura 34 <i>Gráfica de la saturación de oxígeno promedio de siete días del paciente uno</i>	102
Figura 35 <i>Gráfica de la saturación de oxígeno promedio de catorce días del paciente uno</i>	103
Figura 36 <i>Gráfica del ritmo cardíaco promedio de siete días del paciente uno</i>	105
Figura 37 <i>Gráfica de la saturación de oxígeno promedio de catorce días del paciente uno</i>	106
Figura 38 <i>Gráfica de líneas – Inercia vs Número de clústeres</i>	108
Figura 39 <i>Gráfica de barras – Puntaje de la silueta vs Número de clústeres</i>	109
Figura 40 <i>Gráfica de puntos – Conjunto de datos en dos dimensiones</i>	110
Figura 41 <i>Gráfica de mapas de calor sobre los seguimientos diarios de pacientes en una localización específica.</i>	112
Figura 42 <i>Satisfacción de uso del aplicativo en los pacientes</i>	115
Figura 43 <i>Uso de la asesoría médica virtual en los pacientes</i>	116
Figura 44 <i>Soporte médico adecuado a los pacientes</i>	117
Figura 45 <i>Motivo por el cual no utilizaron la asesoría médica virtual</i>	119
Figura 46 <i>Satisfacción de uso del aplicativo móvil en los doctores</i>	120

Resumen

El presente proyecto consiste en el desarrollo de un aplicativo móvil multiplataforma que permite enviar seguimientos del estado actual de salud del personal administrativo y militar de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga dichos seguimientos serán revisados de forma diaria por los médicos de la institución, con la finalidad de detectar posibles casos de contagio de COVID-19 utilizando tele asesoría médica mediante videoconferencia de ser necesario. La aplicación contará también con apartados informativos para que el usuario pueda tomar de manera correcta sus signos vitales, además de brindar una guía de convivencia con una persona contagiada con COVID-19. Para el desarrollo de la arquitectura de la aplicación se hará uso de la metodología de desarrollo ágil SCRUM, con respecto a tecnologías de desarrollo de software actuales, se utilizará Flutter, el cual permite realizar aplicaciones móviles nativas utilizando un solo código para el desarrollo en varios sistemas operativos (IOs y Android). También se incluirán las normativas de diseño Material Design de Google, permitiendo mejorar la experiencia de usuario y entregar un aplicativo fácil e intuitivo. A partir de los datos obtenidos a través del seguimiento de cada paciente registrado en el aplicativo, se realizará un proceso de limpieza de datos (atípicos, nulos, entre otros), lo que permitirá realizar un análisis de información que podría determinar el comportamiento de la enfermedad, aplicando técnicas de Machine Learning como son K-means y el análisis de series de tiempo, mapas de calor por medio del lenguaje Python.

Palabras clave:

- **APLICATIVO MÓVIL MULTIPLATAFORMA**
- **METODOLOGÍA SCRUM**
- **MEDICINA - TELEASESORÍA**

Abstract

This project is about developing a cross-platform mobile application that allows to follow up on administrative and military personnel's actual state of health, who belong to the so-called "Universidad de las Fuerzas Armadas," better known by its acronym "ESPE," based in Latacunga. The follow-up will be reviewed daily by doctors belonging to the university to detect covid infected people. We apply medical phone services and, if it is needed, we employ video calls. This application will have information sections for the patients can correctly monitor their own vital signs. There is also a social guide that makes you able to have contact with an infected person. We will use an agile development methodology called "SCRUM" for the development of the application architecture. With regards to the current software development technologies, we will use "Flutter," which allows creating native mobile applications just utilizing a single code for development on multiple operating systems (iOs and Android). We will also include Google's Material Design norms which allow us to improve the user experience, in this way, we give you a simple and intuitive application. Based on the obtained data will make a cleaning process data (atypical, null, etc.) which will allow us to analyze the whole information that could determine the behavior of the sickness. Here we will apply Machine Learning technics like "K-means" and " The analysis of a time series," using the "Python" language.

Key words:

- **CROSS-PLATFORM MOBILE APPLICATION**
- **SCRUM METHODOLOGY**
- **MEDICAL – TELE CONSULTING**

Capítulo I

1. Generalidades

1.1 Introducción

Desde hace algunos años atrás las tecnologías de la Información y la comunicación (TICs) están modificando la forma de tratar y administrar procesos e información con el soporte de las comunicaciones tanto dentro como fuera de una empresa, institución o negocio. Con la llegada de la telefonía móvil las TICs aumentaron su dominio, esto se debe a que estas redes de telefonía móvil ofrecen más facilidades y accesibilidad para su despliegue, ayudan a disminuir la brecha digital existente entre ciudades, ya que miles de usuarios lo utilizan para poder desarrollar sus actividades cotidianas tales como pago de servicios básicos, venta de artículos online, banca virtual, etc. Estas tecnologías han sido aplicadas en muchos y variados ámbitos, dando buenos resultados, como, por ejemplo: en el retail podríamos indicar una de estas herramientas como lo es Flame¹ que, gracias a la visualización de mapas de calor, cuentas personales, el api de importación de ventas, permite al comercio minorista saber cómo se comporta su cliente, lo que quiere o lo que le gusta (Flame, 2014). En finanzas, otra de las herramientas es la banca virtual o electrónica que permite acceder a un sitio web dedicado a realizar transacciones bancarias, todo esto de forma remota y segura (Adames, 2021). En la educación se tiene las plataformas de enseñanza virtual que permiten a los alumnos estudiar a distancia, sin la necesidad de asistir de forma presencial a un centro de formación (Sánchez, 2020). Existe una diversidad de herramientas que han dado apoyo/soporte/ayuda a empresas, instituciones y negocios (Sánchez, 2020), que han hecho posible que las personas estén conectadas y tengan disponible cualquier tipo de información, para su quehacer diario, lo que ha hecho de este mundo, un mundo moderno y globalizado.

Específicamente en el campo de la salud se han implementado muchos servicios gracias al desarrollo de estas nuevas tecnologías, uno de estos servicios que se ofrece en la actualidad y que está ganando mucha atención es la Telemedicina. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define textualmente a la telemedicina como:

¹ Flame es soluciones de analítica y marketing digital para espacios físicos que, gracias al Big Data y la Inteligencia Artificial, mejoran la gestión y ayudan a los retailers a conocer el comportamiento de sus clientes

“la prestación de servicios de salud, en donde la distancia es un factor crítico, por parte de todos los profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y la comunicación para el intercambio de información válida, el diagnóstico, tratamiento y prevención de distintos tipos de enfermedades, la investigación y evaluación, así como también, en la educación continua de los proveedores de atención médica, todo ello en aras de promover la salud de individuos y sus comunidades” (Telematics, 1998). Cabe destacar que, en la actualidad, se ha convertido en un campo muy amplio y genérico de aplicación.

La telemedicina se puede subdividir en varias subáreas específicas como, por ejemplo:

La Tele educación es una red conformada por grupos de profesionales que comparten recursos de conocimiento, bases de datos e información, que brindan ayuda en la toma de decisiones (Cabo Salvador, 2021)

La Tele cirugía, tecnología que permite realizar cirugías de manera remota, es decir, no requiere la presencia de un médico, en forma física, en el quirófano, valiéndose de la tele robótica, visión artificial y realidad virtual (Salvador, 2021)

La Tele asesoría médica, llamada también tele consulta, facilita la asistencia de un profesional sanitario de forma remota al paciente. Esta labor puede ser efectuada a través del uso de tecnologías de información y telecomunicaciones (Salvador, 2021).

Para el control de estas tecnologías se hace necesario la implementación de infraestructura física y/o tecnológica. En el caso específico de la tele asesoría médica se pueden incluir el uso de teléfonos, cámaras de video e Internet con el fin de que el profesional de salud pueda comunicarse con el paciente, cuando este tenga necesidad de hacerlo y brindarle una asistencia médica.

En términos generales, la tele asesoría se enfoca en la búsqueda de información médica de pacientes, monitoreo, tratamiento y prevención de enfermedades, mediante el uso de las TICs y Telemedicina, como, por ejemplo: En el Hospital Infantil UC Davis ubicado en Estados Unidos (específicamente el Centro de Salud y Tecnología UC Davis), se implementó un sistema de tele asesoría médica en su área de cuidados críticos. Según el Dr. Marcin, director del Centro, se logró proporcionar más de 5.500 tele consultas médicas pediátricas en hospitales rurales en todo el norte de California.

El estudio involucró a 320 pacientes de 17 años y menores con enfermedades o lesiones serias, obteniéndose buenos resultados en su seguimiento y control (Torres, 2016). Los hospitales rurales se equiparon con unidades de videoconferencia para facilitar la tele consultas médicas.

Otro de los servicios que brinda la tele asesoría médica es orientar e informar a miles de pacientes, mediante el uso de teléfonos móviles, sobre su estado de salud, con una capacidad de acceso a estos servicios desde lugares remotos, en el momento que se requiera. Según Cerruti (2020) los pacientes que hacen uso de este tipo de tele asesoría notaron que los tratamientos proporcionados por el personal de salud son personalizados y dedicados, y existe un seguimiento continuo de su estado de salud. Lo que hace de este tipo de asesoría un instrumento importante para fortalecer el sistema sanitario y en consecuencia mejorar la salud de las personas. Como es Cell PREVEN aplicativo móvil encargado del monitoreo y vigilancia de enfermedades en tiempo real, haciendo uso de teléfonos celulares en la recolección de información vital, este sistema envía alertas a los profesionales de la salud, a través de SMS o e-mail, lo que permite tener reportes del estado de salud del paciente de forma mucho más rápida y completa. Aplicación diseñada por la Universidad Cayetano Heredia, Universidad Washington y el Ministerio de Salud del Perú (Curioso, 2007)

A finales del año 2019, específicamente en el mes de diciembre, en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei, en la República de China se detectó un brote de casos de neumonía muy graves, las primeras investigaciones epidemiológicas mostraron que esta enfermedad se propagaba a un ritmo acelerado y afectaba de manera agresiva a adultos entre los 30 y 79 años, con una letalidad global del 2,3% (McGoogan, 2020). A esta enfermedad se la conoce como COVID-19, el 18 de febrero de 2020 China reportó más de 72.528 casos confirmados (98,9% del total mundial) y 1.870 muertes (99,8% del total mundial) (McGoogan, 2020). Para el 11 de marzo de 2020, existen más de 118.000 casos en 114 países, y 4291 personas han perdido la vida, lo que provocó que la Organización Mundial de la Salud (OMS) declare esta enfermedad como pandemia (Organización Mundial de la Salud, 2020). La OMS pidió a todas las naciones del mundo tomar las medidas necesarias para controlar la propagación del virus. Al día de hoy 30 de marzo del 2021 alrededor del mundo existen cerca de 127.788.017 personas contagiadas y 2.794.421 fallecidos (Template, 2021).

En general, las implicaciones que tuvo el COVID-19 produjo que muchos de los trabajos cerrarán, quebraran, algunos adoptaron la modalidad de teletrabajo en algunas ocasiones, en otras hubo despidos masivos en todo el mundo. Las universidades mundialmente cerraron sus puertas, afectando a 1.570 millones de estudiantes en 191 país, entre ellos el Ecuador (Giannini, 2020). Los cierres, como medida para detener la cadena de contagios de la pandemia de COVID-19, provocó una respuesta apresurada por parte de las instituciones de educación superior para asegurar la continuidad de la enseñanza.

Ante el aumento súbito en las personas contagiadas de COVID-19, los hospitales y clínicas alrededor del mundo están implementando métodos de tratamientos virtuales que impidan la necesidad de concertar reuniones entre pacientes y expertos de salud en el mismo lugar. En China, se optó por aconsejar a los pacientes a que buscaran atención médica de forma virtual, esta sugerencia acompañada del incentivo de que toda consulta va a ser financiada por el gobierno chino autorizo que médicos efectúen más de cien consultas diarias, lo provoco un incremento significativo en el número de cuadros clínicos diarios que se podían manipular durante la emergencia sanitaria. Por su parte Estados Unidos emitió regulaciones temporales para que puedan ser implementados más de 80 servicios adicionales mediante telemedicina y en concreto teleasistencia médica, medidas que garantizaron el acceso a la salud desde la seguridad de los hogares del ciudadano común y que sus sistemas sanitarios no colapsen por el incremento de paciente positivos a COVID-19 (Científica (SIIC), 2020).

De lo anterior, se puede indicar que la enfermedad COVID-19 ha hecho de la tele medicina, y en particular de la tele asesoría médica, una herramienta de apoyo en la detección de forma rápida y segura de personas con COVID-19, a través del control y seguimiento de pacientes con sospecha de coronavirus.

En el Ecuador, al igual que el resto de países del mundo, la pandemia hizo evidente la existencia de problemas y falencias, que atraviesa, el sistema de salud, desde la falta de infraestructura física (clínicas y hospitales), insumos (medicinas), mobiliario (camas, camillas, sillas, entre otros), equipos y/o aparatos médicos (respiradores artificiales) hasta la escasez de personal de salud (médicos, enfermeras), para el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad. Lo que produjo una mayor demanda de servicios y el colapso del sistema de salud, limitando la atención, por un lado, de

pacientes que presentan la enfermedad (con sintomatología grave y por otro, las personas con sospecha de coronavirus). Tomando en cuenta la extensión geográfica, la dificultad de acceso en algunas zonas del territorio ecuatoriano, la falta de comunicación hizo que este tipo de situaciones afecte a una gran parte de la población, debido a que no se puede acceder fácilmente al sistema de salud ecuatoriano.

En el país existen plataformas que ofertan servicios para reportar posibles casos de infección, como lo es el 'call center' 171, opción propuesta por el gobierno para reportar casos relacionados con afecciones respiratorias para posteriormente derivarlos al sistema de salud, esta plataforma ha realizado 16.927 atenciones desde el 29 de febrero (Trujillo, 2020)

Pero debido a que esta opción solo sirve para reportar posibles casos, algunos profesionales o instituciones han optado por otras opciones más personalizadas en cuanto a la atención se refiere. Dentro de estas opciones se dispone de herramientas que usan videollamadas, las cuales no están orientadas a una tele asesoría médica, siendo una de ellas WhatsApp (app de mensajería instantánea), ya que a través de este medio no se genera ningún tipo de documento que pueda servir como soporte o prueba de que la tele asesoría fue realizada (Stacey, 2020).

1.2 Planteamiento y Formulación del Problema

Para inicios del año, en Reino Unido se detectó una nueva variante de COVID-19, cuya principal característica es su rápido contagio, presentando casos en todo el mundo, lo que ha provocado que algunos países en Europa decidieron cerrar sus fronteras. En Ecuador el pasado 11 de enero se detectó el primer caso sospechoso de la nueva variante en el país específicamente en la provincia de Los Ríos. Debido a la rápida infección de la nueva cepa, el número de casos positivos se incrementó de manera exponencial es por esto que para el 30 de marzo del 2021 en nuestro país Ecuador el Ministerio de Salud Pública (MSP) presentó las cifras oficiales de COVID-19, los resultados revelaron que de 1.134.885 muestras para RT-PCR COVID-19, 325.124 son casos confirmados, existen 281.684 pacientes recuperados y el número de personas fallecidas por el virus asciende a 11.880 (Ministerio de Salud Pública, 2021). Hasta el momento, se ha evidenciado que las personas, especialmente las grandes ciudades del país (Quito y Guayaquil), no aplican las recomendaciones (medidas de bioseguridad) planteadas por el COE Nacional, observándose aglomeraciones de personas en centros comerciales, locales comerciales y en la vía

pública, lo que preocupa a las autoridades médicas de un potencial brote a finales de enero, de acuerdo con la Sra. Caridad Vela, secretaria de Comunicación de la Presidencia.²

De acuerdo con la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) existen alrededor de 850.000 personas que forman parte del Sistema de Educación Superior, dentro de esta cifra 750.000 personas conforman la nómina de estudiantes, mientras tanto el resto son docente y personal administrativo (Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, 2020).

En el año 2019, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE tiene un grupo de 33.999 personas entre estudiantes y docentes junto con personal administrativo. La ESPE Sede Latacunga cuenta con alrededor de 305 servidores públicos y 4.510 estudiantes. Actualmente, la ESPE no cuenta con un medio tecnológico que permita conocer el estado de salud de las personas que están laborando físicamente en las instalaciones ni de los alumnos que se están educando de manera virtual.

Es por esta razón que la ESPE Sede Latacunga consciente de su quehacer con la sociedad y el país, auspicia el desarrollo de un aplicativo que permita el registro de personas con sospecha de coronavirus y el seguimiento de la evolución de la enfermedad, utilizando la tele asesoría como un medio tecnológico de solución preventiva.

1.3 Justificación e Importancia

La pandemia causada por el COVID -19 ha obligado al Ecuador a declarar, en el año 2020, un estado de emergencia nacional por lo que se han venido implementando medidas de aislamiento social. El Ecuador actualmente no cuenta con los medios necesarios para enfrentar la pandemia, en general, ya sea por la falta de instalaciones hospitalarias, así como por la rapidez con la que el virus se transmite, y al no haberse podido diagnosticar pacientes COVID-19 positivos, en este caso asintomáticos al no ser aislarlos de manera oportuna ha provocado el colapso del sistema de salud.

Por lo que, se ha planteado el desarrollo de un aplicativo que permita el seguimiento de personas con sospecha de coronavirus a través del registro de sus síntomas y signos vitales, y su estado de salud, lo que permitirá conocer la evolución de la

² Resoluciones COE nacional de 14 de enero de 2021
<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/resoluciones-coe-nacional-de-14-de-enero-de-2021/>

enfermedad en un paciente. Ya que para ofrecer atención a un paciente con sospecha de COVID-19 se deben cumplir varios protocolos de bioseguridad, si este no tiene síntomas graves puede ser atendido desde su hogar, a través del aplicativo un paciente puede solicitar el servicio de tele asesoría médica, con el fin de dar a conocer de manera más detallada su estado de salud obteniendo por parte del médico recomendaciones y de ser el caso tomar las decisiones oportunas de acuerdo al estado que presenta el paciente y así evitar que más personas se contagien, cuando asisten a los centros hospitalarios en donde existe una mayor probabilidad de contagio. El aplicativo no pretende reemplazar la atención médica en forma presencial, sino, ser más bien una herramienta de apoyo para el sistema de salud.

El aplicativo pretende ser desplegado en la ESPE Sede Latacunga, siendo los principales usuarios el personal que laboran de forma presencial en las instalaciones de la institución (en un entorno real), lo que permitirá monitorear su estado de salud, lo que podría evitar que se incremente la cadena de contagios.

Además, el proyecto contribuirá con la creación de una base de datos (o dataset) sobre el seguimiento y evolución de pacientes con sospecha de coronavirus, en donde, se podrá realizar un análisis de datos, lo que podría determinar el comportamiento de la enfermedad. Además, servirá de soporte para que la comunidad científica pueda realizar análisis, pruebas, simulaciones, predicciones, entre otros trabajos, sobre una base de datos real de la enfermedad.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivos General*

Desarrollar una aplicación móvil multiplataforma basada en la tele asesoría médica que permita mejorar el seguimiento a personas expuestas al contagio de COVID-19 utilizando analítica de datos en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

- Elaborar un estado del arte sobre aplicaciones móviles multiplataforma que permite enviar seguimientos del estado actual de salud de personas expuestas al contagio de COVID-19.

- Elaborar un marco teórico sobre las metodologías y frameworks para el desarrollo de sistemas móviles multiplataforma.
- Desarrollar un sistema móvil multiplataforma para el registro y el seguimiento de personas sospechosas de COVID-19.
- Aplicar análisis de datos a los resultados obtenidos con el propósito de sacar conclusiones sobre la información obtenida como una estrategia para la toma de decisiones, o simplemente ampliar los conocimientos sobre la temática de investigación.
- Validar el sistema móvil haciendo uso de la valoración de expertos y pruebas de funcionalidad.

1.5 Hipótesis

¿Si se desarrolla una aplicación móvil multiplataforma basada en la tele asesoría médica se mejorará el seguimiento a personas expuestas al contagio de COVID-19 utilizando analítica de datos en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga?

1.6 Variables de la investigación

- **Variable Independiente:** Se desarrolla una aplicación móvil multiplataforma basada en la tele asesoría médica.
- **Variable Dependiente:** Mejorar el seguimiento de personas con sospecha de COVID-19 mediante una aplicación móvil basada en tele asesoría médica para el seguimiento de personas con sospecha que se encargará de comunicar mediante videollamada y envío de seguimientos con geolocalización sobre el estado de salud del paciente al equipo médico, con la finalidad de reducir visitas al hospital, costo y tiempo.

1.6.1 Indicadores

- Porcentaje de pacientes que han realizado seguimientos completos con observaciones.
- Porcentaje de pacientes sospechosos y/o confirmados.
- Análisis de la evolución de la enfermedad a través de series de tiempo (promedios móviles), K-means, mapas de calor y encuestas de satisfacción.

Capítulo II

2. Marco teórico

2.1 Introducción del capítulo

El presente capítulo trata sobre las temáticas relacionadas con el desarrollo del proyecto y se encuentra dividido en secciones: Antecedentes Históricos, Antecedentes Conceptuales, Antecedentes Referenciales y Antecedentes Contextuales. En general, en cada sección se habla sobre el COVID-19 (pandemia), sus orígenes y su expansión, la aplicación de políticas para contener la pandemia, la fabricación de la vacuna y su aplicación a nivel mundial y los efectos que produjo en nuestro país. Para luego conocer y revisar los conceptos y definiciones de la metodología utilizada (dentro del proceso de desarrollo de Software), así como también de las diversas tecnologías que se usan en la construcción del proyecto.

2.2 Antecedentes históricos

La familia de virus que provocan afecciones respiratorias como la gripe común y enfermedades más graves el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS), como neumonía y el síndrome respiratorio agudo grave (SARS) es conocida como Coronavirus (Bupa Ecuador, 2020). Actualmente estamos viviendo una nueva pandemia provocada por el virus conocido como COVID-19, enfermedad producida por la mutación de un coronavirus que se manifestó en la ciudad de Wuhan en China a finales del 2019. A principio del año 2020, los estudios epidemiológicos efectuados sobre la enfermedad mostraron que la enfermedad se transmitía de manera acelerada, esta enfermedad afecta de forma más agresiva a las personas que tenían edades en los rangos de 30 y 79 años, o personas que padecían enfermedades catastróficas como el cáncer y la diabetes, a nivel mundial su porcentaje de letalidad fue del 2.3% (McGoogan, 2020a). Se desarrollaron pruebas para identificar el contagio COVID-19 a partir del día 10 de enero de 2020, estas permiten detectar si la infección está en curso o si ya fue superada. Se desarrollaron dos pruebas, la primera es la PCR (reacción en cadena de polimerasa), el segundo tipo de pruebas que fueron creadas son las serológicas o pruebas de anticuerpos, estas permiten determinar si la persona ya superó la infección, este tipo de pruebas no pueden ser usadas para diagnosticar una infección en curso (CDC, 2021)

La enfermedad se diseminó en varias regiones asiáticas y posteriormente a más continentes. El mes de marzo la Organización Mundial de la Salud (OMS) manifestó que “ se detectó la presencia 87.137 casos confirmados a nivel mundial, es así que 79.968 casos confirmados estaban en China y 7.196 alrededor del mundo con la alarmante cifra de 2.977 personas que perdieron la vida” (Organización Mundial de las Salud, 2020).

En el comunicado que se dio el 11 de marzo del 2020 a cargo del director de la OMS el Dr. Tedros Adhanom G., manifestó que el virus conocido como COVID-19 puede ser calificado como “Pandemia”. Con la publicación de la existencia de 118.000 casos, en 114 países, y la pérdida de 4.291 vidas humanas se confirmó la presencia de un nuevo virus sin precedentes. Este virus que se propaga por todo el mundo provoca una enfermedad respiratoria aguda como síntoma (Organización Panamericana de la Salud, 2020). El Dr. Tedros desde la OMS hace un llamado a todos los países para que activen y amplíen mecanismos en respuesta a la emergencia, aplicando para ello medidas de higiene como son: la desinfección constante de las manos y el ambiente, el distanciamiento social, evitar aglomeraciones, proporcionar espacios ventilados, el uso de mascarillas y en algunos países la implementación de cuarentenas obligatorias, siendo estos aspectos esenciales para la vida, como respuesta para detener la propagación de la enfermedad (CDC, 2020).

Según investigaciones epidemiológicas, elaboradas el 13 de marzo del 2020, dieron como resultado que el periodo de incubación del virus ocurre en el rango de 1 a 14 días previos al contacto con una persona infectada, principalmente en el intervalo de 3 a 7 días se considera que es el periodo donde el virus es más transmisible (Guo et al., 2020). Los síntomas producidos por el COVID-19 son imprecisos, razón por la cual su presencia puede manifestar síntomas que van desde la neumonía grave y la muerte, hasta ningún síntoma. De acuerdo con el registro de 55.924 casos confirmados por laboratorio, los signos y síntomas típicos incluyen: dolor de cabeza, temperatura, tos seca, desfallecimiento, infección gastrointestinal, dificultad para respirar, dolor de garganta, escalofríos, congestión nasal, náuseas (Gomes, 2020). El virus del COVID-19 se contagia entre personas a través de gotitas respiratorias que flotan en el aire, cuando una persona infectada tose en un rango de contacto de dos metros (Cuero, 2020)

Durante la pandemia se identificó grupos de personas que al aplicarse las pruebas de COVID-19 dan positivo en las pruebas PCR, las cuales no presentan los

síntomas de la enfermedad, denominándose pacientes asintomáticos (McGoogan, 2020b). Según los resultados de una investigación publicados en la revista "Annals of Internal Medicine", septiembre del 2020, los pacientes asintomáticos representan entre un 40% y un 45% de las personas infectadas por COVID-19 y pueden transmitir el virus a otras personas durante un período prolongado, quizás más de 14 días. Al no ser detectados de forma oportuna pueden incrementar el número de infectados convirtiéndose en focos de contagio lo que redundará en la saturación de los sistemas hospitalarios (Topol, 2020)

En abril del 2020, la OMS en conjunto con 130 científicos, donantes y fabricantes de medicinas de todo el mundo se comprometieron en desarrollar una vacuna contra el COVID-19. Para el 11 de agosto de ese mismo año, Rusia asegura que tiene la primera vacuna aprobada contra el COVID-19, la Sputnik (Bernat, 2021). A medida que avanzaban los meses se fueron desarrollando otros tipos de vacunas contra la COVID-19. Para junio de 2021, la OMS reconoció a las siguientes vacunas que están autorizadas para ser inoculadas: AstraZeneca (Oxford), Johnson and Johnson (Janssen Pharmaceuticals Companies of Johnson & Johnson), Moderna (Moderna), Pfizer/BioNTech (BioNTech), Sinopharm (Sinopharm), Sinovac (Sinovac). A pesar de que ya se están implementando programas de vacunación las variantes y mutaciones de la enfermedad siguen afectando a la población, inclusive a las personas que fueron inoculadas. Una vez inoculadas la enfermedad ya no es tan agresiva, gracias a las vacunas (*El Universo*, 2021).

A pasado más de un año desde que se declaró la pandemia por COVID-19, a pesar de la existencia de vacunas las nuevas variantes y mutaciones que están apareciendo, esto se puede ver reflejado en la cifra de contagios y muertes, para el 13 de Julio del 2021, a nivel mundial, el número de nuevos casos y muertes aumentaron, se notificaron casi 3 millones de nuevos casos, sumando para esta fecha 186.240.339 casos confirmados y 56.000 nuevas muertes, las muertes acumuladas ascienden a 4.027.861 de personas (OMS, 2021) Por esta razón y por muchas otras la pandemia está lejos de terminar y no se puede dejar de seguir las recomendaciones que hace la OMS frente a la pandemia.

En Ecuador el virus del COVID-19 fue detectado en febrero de 2020 y al igual que en otros países del mundo fue azotada por el COVID-19. A pesar de aplicarse un periodo de cuarentena las cifras de contagios fueron muy grandes, el sistema de salud

hospitalario ecuatoriano no podía dar abasto a tantos enfermos y entró en la mayor crisis sanitaria de la historia del país. Fue evidente que las personas más pobres y menos preparadas fueron las más afectadas (Ortiz,2021). Al 16 de julio del 2021, en Ecuador existen 473.647 casos confirmados con pruebas PCR y 16.187 muertes (Ministerio de Salud Pública, 2021)

Ha pasado más de un año de la declaratoria de pandemia y seguimos aplicando medidas de higiene, bioseguridad y tratando de estar a salvo de la enfermedad. Actualmente, Ecuador está adquiriendo vacunas contra el COVID-19 y conforme a su plan de vacunación sigue inoculando a su población. Y a pesar de esto, el sistema hospitalario continúa con una gran demanda de pacientes, existen personas contagiadas en lista de espera por una cama UCI, aunque en menor medida.

2.3 Antecedentes Conceptuales y Referenciales

Se pretende desarrollar un aplicativo móvil enfocado en la tele asistencia médica de pacientes con sospecha de COVID-19, para lo cual se hace uso de varias tecnologías, metodologías e información, a continuación, se dará a conocer conceptos relacionados a los elementos que nos permitieron desarrollar nuestra aplicación.

2.3.1 *Conceptos relacionados al problema*

Pandemia. Es la propagación de una enfermedad de los humanos altamente contagiosa alrededor de una zona extensa, es decir, que se expande a muchos países o que infecta a la mayor parte de las personas de una región (Cronopedia,2020).

Coronavirus. Los coronavirus son un grupo de virus que provocan enfermedades en animales y en humanos. Varios coronavirus causan infecciones respiratorias en los seres humanos, estas pueden ser una gripe común hasta que comprometen el sistema respiratorio, como el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS) y el síndrome respiratorio agudo severo (SRAS). El coronavirus que fue recientemente detectado causa la enfermedad por coronavirus COVID-19 (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

COVID-19. El COVID-19 es una nueva mutación de la familia de los coronavirus, se detectó a finales de diciembre de 2019 en el mercado de Wuhan provincia de China, los síntomas de esta enfermedad varían de persona en persona, pero existe un cuadro de síntomas comunes que van desde la tos seca, súbito

incremento de la temperatura corporal y la fatiga. Con menos frecuencia se presentan síntomas que perturban a varios pacientes como el dolor corporal, la obstrucción nasal, la conjuntivitis, la gastroenteritis, un dolor fuerte en la cabeza, la pérdida del gusto o el olfato y molestia aguda en la garganta. Varias personas infectadas sólo presentan síntomas levísimos y en algunos casos no presentan ningún tipo de síntoma (Coronavirus Reports, 2020)

Tele asesoría. Es definida como la consulta que realiza un profesional de la salud presente localmente, a uno o más pacientes que se encuentran en una ubicación diferente a la suya, este enlace permite hablar acerca del caso de un paciente, su diagnóstico y tratamiento, usando tecnologías de la información y la comunicación (TICs) para salvar la distancia espacial entre los dos (o más) pacientes (Hernández Salvador, 2004)

Videollamada. La videollamada es un modelo de videoconferencia que comprende la interacción de dos usuarios que pueden verse y escucharse en un determinado espacio de tiempo. Mientras se efectúa la videollamada los participantes pueden compartir archivos y contenido multimedia, para concertar una videollamada se necesita un software de videoconferencia o un módulo de hardware especializado. En la actualidad las videollamadas son utilizadas en casi cualquier lugar: en salas de reuniones, mensajería instantánea, cajeros automáticos, soluciones de telemedicina, sistemas de control, etc (Trueconf, 2021).

2.3.2 **Conceptos relacionados a la metodología**

La importancia de este apartado radica en que se define cuál metodología es utilizada en el proceso de desarrollo de software, dicha metodología muestra herramientas y conceptos que facilitan el análisis y diseño de aplicaciones de software. Además, se describen definiciones sobre la metodología SCRUM y el proceso de ingeniería de software.

Software. El software es un recurso muy importante para el funcionamiento de la computadora está conformado por una serie de instrucciones y datos, que aprovechan las capacidades que tiene la computadora para ayudar en la solución de problemas (Ibanez & Garcia, 2009).

Ingeniería de software. Según (Bohem, 1976): “Ingeniería de software es la aplicación práctica del conocimiento científico al diseño y construcción de programas de computadora y a la documentación asociada requerida para desarrollar, operar y mantenerlos. Se conoce también como desarrollo de software o producción de software”.

Metodología. Es la unión de métodos y técnicas que introducen de forma uniforme y sencilla a cada una de las actividades del ciclo de vida de un proyecto de desarrollo, de forma detallada y completa. Se basa en la unificación de modelos de procesos genéricos, roles y actividades, definen artefactos, junto con técnicas recomendadas y buenas prácticas (Herrera, 2021).

De acuerdo con la filosofía de desarrollo se pueden clasificar las metodologías en dos grupos:

Metodologías tradicionales. Enfocan su atención en llevar una documentación muy detallada de todo el proyecto y en desempeñar con un plan de proyecto, definido en la fase inicial del desarrollo del proyecto. Una de sus características que hay que considerar es el alto costo al implementar un cambio y la falta de flexibilidad en proyectos que trabajen en entornos volátiles (Herrera, 2021).

Metodologías ágiles. Este tipo de metodología nace en respuesta a los problemas que pueden ser ocasionados por las metodologías tradicionales, ya que basan su fundamento en la adaptabilidad de los procesos de desarrollo, poniendo como premisa que la capacidad de respuesta a un cambio es más importante que el seguimiento estricto de un plan (Herrera, 2021).

Dentro de las metodologías ágiles tenemos las siguientes:

- Scrum
- XP
- Kanban
- Lean

Scrum

Es una metodología de trabajo ágil, donde un equipo multidisciplinario puede abordar problemas complejos de adaptación, es iterativa e incremental, rápido, flexible y

eficaz, diseñado para ofrecer un valor significativo, al tiempo que entregan productos con el mayor valor posible (Scrum, 2021)

Scrum se especializa en el control de procesos de empirismo, el cual afirma que el conocimiento nace de la experiencia lo que facilita la toma de decisiones en base al conocimiento que se posee.

Existen tres pilares que se enfocan en el control de procesos empíricos: transparencia, inspección y adaptación.

- **Transparencia:** Las características más esenciales del proceso deben ser visibles por aquellos que son responsables del resultado.
- **Inspección:** Los usuarios de Scrum deben inspeccionar con frecuencia los artefactos de Scrum y el progreso hacia un objetivo, para así detectar alguna falla.
- **Adaptación:** la retroalimentación permite hacer un ajuste al producto de trabajo que se está desarrollando o al proceso por el cual se está desarrollando.

Valores de Scrum

Los integrantes del Scrum Team aprenden y exploran estos valores a medida que trabajan en los eventos, roles y artefactos de Scrum

- Compromiso
- Coraje
- Foco
- Apertura
- Respeto

Scrum Team

Consiste en un Product Owner, Development Team y un Scrum Master. Son equipos que se encuentran autoorganizados y son multifuncionales, al ser autónomos eligen la mejor forma de desarrollar su trabajo sin la necesidad de estar dirigidos por personas externas al equipo. El equipo está diseñado para optimizar la productividad, la creatividad y la flexibilidad.

Los Scrum Team desarrollan productos de manera iterativa e incremental, ofreciendo la posibilidad de que exista una retroalimentación. Estas entregas de productos terminados aseguran la liberación de versiones con un valor útil del producto.

Roles

Son las responsabilidades que son cumplidas por una o más personas, los roles principales de Scrum son:

- **Product Owner:** Representa la voz del cliente, y es el encargado de maximizar el valor del producto resultante del trabajo del Scrum Team. Comprende las necesidades y el funcionamiento del Development Team ayudando a definir la visión del proyecto, la gestión óptima del Product Backlog también es parte de su función.
- **Scrum Master:** Es el responsable de apoyar y promover Scrum tal y como se establece en la Guía de Scrum. Se encargan de que todos entiendan la teoría, prácticas, reglas y valores de Scrum. En definitiva, se considera al Scrum Master como un líder que está a disposición del Scrum Team.
- **Development Team:** Consiste en los profesionales que realizan el trabajo de entregar un incremento de producto (Done) que potencialmente se pueda poner en producción al final de cada Sprint.

Eventos de Scrum

Los eventos de Scrum son oportunidades formales para inspeccionar y adaptar los artefactos de Scrum. Los eventos sirven para regular y minimizar las juntas no concretas en Scrum. Esto eventos son:

- **El Sprint:** Es la base fundamental de Scrum, ya que son eventos de espacios fijos de un mes o menos, todo el trabajo que es necesario para conseguir el objetivo del producto, incluyendo el Sprint Planning, Daily Scrums, Sprint Review y Sprint Retrospective, ocurren dentro del Sprint. Cada sprint comienza al finalizar el anterior. Este sprint puede llegar a ser obsoleto cuando su objetivo principal cambia.
- **Planificación de Sprint (Sprint Planning):** Se encarga de iniciar el Sprint, estableciendo todo el trabajo que se realizará para el mismo y es el resultado del trabajo colaborativo de todo el equipo de Scrum. Este evento dura

aproximadamente un máximo de ocho horas para un Sprint de un mes. Si el evento es más corto el sprint es igual de corto.

- **Scrum Diario (Daily Scrum):** Su misión es la de prestar atención al proceso que conduce al cumplimiento del objetivo del sprint y la adaptación del Sprint Backlog dependiendo de las necesidades, ajustando los próximos trabajos planeados. El Daily Scrum es un evento de 15 minutos como máximo para los desarrolladores del equipo Scrum.
- **Revisión del Sprint (Sprint Review):** Se encarga de inspeccionar el resultado del Sprint y determinar futuras adaptaciones, durante este evento el equipo Scrum y las partes interesadas revisan que los objetivos cumplidos en el Sprint y los cambios de su alrededor. El Sprint Review es una sesión de trabajo que utiliza un plazo máximo de cuatro horas para un Sprint de un mes.
- **La retrospectiva del Sprint (Sprint Retrospective):** El Sprint Retrospective es una oportunidad para el Scrum Team de revisarse a sí mismo y de establecer un plan de mejoras que sean adoptadas durante el siguiente Sprint, se ejecuta antes del siguiente Sprint Planning y luego del Sprint Review.

Artefactos

Los artefactos de Scrum personifican el trabajo o valor, fueron desarrollados para aumentar la transparencia de la información importante. Cada artefacto certifica que entregar información que mejora la transparencia y el enfoque para poder medir el progreso

Tenemos 3 artefactos y son:

- **Pila del producto (Product Backlog):** Es una lista ordenada y gestionada por el Product Owner que contiene todas las características, funcionalidad, requisitos, mejoras y correcciones sobre el producto, es la única fuente de requisitos para poder realizar cambios en el producto.
- **La pila del Sprint (Sprint Backlog):** Es la unificación de elementos del Product Backlog escogidos para el Sprint, junto a un plan para la entrega los Incrementos y así lograr alcanzar el Sprint Goal, el Sprint Backlog se actualiza durante toda la ejecución del Sprint a medida que se obtiene más conocimiento.
- **Incremento (Increment):** Es la suma de todos los elementos del Product Backlog completados durante un Sprint, al final de un Sprint el nuevo Increment

debe estar Done. El Increment debe estar en condiciones de utilizarse independientemente de si el Product Owner decide liberarlo.

(Schwaber, 2021)

Arquitectura de software

La arquitectura de un software es el conjunto de estructuras necesarias para razonar sobre el sistema, el cual comprende elementos de software, relaciones entre ellos y propiedades de ambos (Velasco, 2015)

Arquitectura basada en capas

Consiste en dividir la aplicación en varias capas, con la finalidad de que cada capa tenga un papel muy definido, se podría dividir de la siguiente forma: capa de presentación también conocida como UI, capa de negocio o servicios y una capa de acceso a datos, sin embargo, este estilo arquitectónico no limita el número de capas que debe tener la aplicación, sino más bien, se centra en la división de la aplicación en capas (*Arquitectura en Capas*, 2021)

Patrón Bloc

Fue diseñado por Google y presentado en el 2018. El objetivo con el cual se desarrolló este patrón fue la reutilización de código de las aplicaciones móviles utilizando Flutter con Dart y en la web utilizando Angular Dart (*Introducción al Patrón BLoC*, 2020).

Bloc se diseñó teniendo en cuenta tres valores fundamentales:

- **Simple:** fácil de entender y puede ser utilizado por desarrolladores con diferentes niveles de habilidad.
- **Potente:** ayuda a crear aplicaciones asombrosas y complejas al componerlas de componentes más pequeños.
- **Comprobable:** pruebe fácilmente todos los aspectos de una aplicación para que podamos iterar con confianza.

En general, Bloc intenta hacer que los cambios de estado sean predecibles regulando cuándo puede ocurrir un cambio de estado y aplicando una única forma de cambiar de estado en toda la aplicación (*Bloc State Management Library*, 2021).

Bloc y la arquitectura en capas

Bloc permite separar las aplicaciones móviles en tres capas:

- Presentación
- Lógica de negocios
- Datos

Capa de datos

La responsabilidad de la capa de datos es recuperar / manipular datos de una o más fuentes.

La capa de datos se puede dividir en dos partes:

- **Repositorio:** La capa de repositorio es un envoltorio alrededor de uno o más proveedores de datos con los que se comunica Bloc Layer. Como puede ver, nuestra capa de repositorio puede interactuar con múltiples proveedores de datos y realizar transformaciones en los datos antes de entregar el resultado a la capa de lógica empresarial.
- **Proveedor de datos:** La responsabilidad del proveedor de datos es proporcionar datos sin procesar. El proveedor de datos debe ser genérico y versátil. El proveedor de datos generalmente expondrá API simples para realizar operaciones CRUD.
Esta capa es el nivel más bajo de la aplicación e interactúa con bases de datos, solicitudes de red y otras fuentes de datos asincrónicas.
- **Capa de lógica empresarial:** La responsabilidad de la capa de lógica empresarial es responder a la entrada de la capa de presentación con nuevos estados. Esta capa puede depender de uno o más repositorios para recuperar los datos necesarios para construir el estado de la aplicación.
Piense en la capa de lógica empresarial como el puente entre la interfaz de usuario (capa de presentación) y la capa de datos. La capa de lógica empresarial recibe notificaciones de eventos / acciones desde la capa de presentación y luego se comunica con el repositorio para construir un nuevo estado para que la capa de presentación lo consuma.
- **Capa de presentación:** La responsabilidad de la capa de presentación es descubrir cómo representarse a sí misma en función de uno o más estados de

bloque. Además, debe manejar la entrada del usuario y los eventos del ciclo de vida de la aplicación.

La mayoría de los flujos de aplicaciones comenzarán con un evento **AppStart** que hace que la aplicación obtenga algunos datos para presentarlos al usuario. En este escenario, la capa de presentación agregaría un evento **AppStart**. Además, la capa de presentación tendrá que averiguar qué renderizar en la pantalla según el estado de la capa de bloque (*Bloc State Management Library*, 2021)

2.3.3 **Conceptos relacionados a las tecnologías utilizadas**

Se detallarán las herramientas tecnológicas que fueron usadas para el desarrollo del producto software, lenguajes de programación, frameworks, técnicas e instrumentos.

2.3.3.1 **Conceptos relacionados a las tecnologías utilizadas en el desarrollo del aplicativo móvil multiplataforma.**

Aplicaciones móviles multiplataforma.

Las aplicaciones multiplataforma son desarrolladas en un lenguaje de programación general para luego ser compiladas o exportadas a cualquier dispositivo. En otras palabras, son aplicaciones construidas para ser usadas en diferentes sistemas operativos móviles, ya sean Android, iOS o Windows Phone, ahorrando la tarea de desarrollar una aplicación para cada sistema operativo, por supuesto con unos cambios mínimos que variarán dependiendo del sistema operativo.

Entre los más conocidos son:

- Android (con más del 80% del mercado)
- IOS (con más del 10% del mercado)
- Windows Phone
- Blackberry
- Symbian
- Firefox O.S
- Ubuntu Touch

Frameworks multiplataforma para desarrollo móvil.

El desarrollo de aplicaciones móviles ha revolucionado el mercado del desarrollo de software. Debido a existir varios sistemas operativos para dispositivos móviles, se

tiene la necesidad de desarrollar frameworks que puedan facilitar el aprendizaje, elaboración y producción. Además, disminuir costos, tiempo, posibles errores y otros inconvenientes que pueden surgir al momento de desarrollar aplicaciones para diferentes sistemas operativos móviles (Naharro, 2021)

Entre los frameworks más utilizados son:

- Flutter
- Ionic
- React Native
- Xamarin

Flutter

Flutter es un framework Open Source creado por Google para desarrollar aplicaciones móviles nativas de forma fácil, rápida y sencilla. La principal virtud está en generar código nativo para plataformas IOS y Android, consiguiendo así que la experiencia de usuario y el rendimiento sean en su totalidad idénticas a las aplicaciones nativas tradicionales (Flutter,2019).

Características de Flutter

- **Calidad nativa:** Los widgets agregan todas las diferencias críticas de la plataforma, tales como, el desplazamiento, la navegación, los iconos y las fuentes para proporcionar un rendimiento nativo completo tanto en iOS como en Android (flutter.dev, 2021).
- **Experiencia de usuario:** Deleita a tus usuarios con los hermosos widgets de Material Design y Cupertino (iOS) incorporados de Flutter, las API de movimiento enriquecido, el desplazamiento natural suave y el conocimiento de la plataforma (flutter.dev, 2021).
- **Desarrollo ágil y rápido:** El Hot Reload permite crear interfaces de usuario, agregar funciones y corregir errores de forma rápida y sencilla. Además, Flutter permite experimentar tiempos de recarga inferiores a un segundo sin perder el estado en emuladores, simuladores y hardware (flutter.dev, 2021).

Provider

Es un conductor de estado, que permite la comunicación entre widgets, concentrando la información en una clase la cual informa el cambio de estado para que

se redibujan los widgets (que están escuchando este provider) exponiendo las últimas modificaciones en la información (Montes, 2021).

GraphQL

Se utiliza como un lenguaje de consulta para APIs. Proporciona información completa y clara sobre los datos del API, aprueba a los clientes solicitudes puntuales de lo que necesitan, proporciona el mantenimiento de las API con el tiempo (GraphQL, 2021).

Características de GraphQL:

- Entrega un modelo para recibir y devolver información.
- El Cliente define lo que recibe realizando una consulta de la estructura que se define como respuesta.
- Envía lo necesario, se tiene control total de las respuestas que se esperan del servidor.
- Realiza una sola petición por vista

Agora.io.

Agora.io es una plataforma de comunicaciones como servicio que proporciona tecnología WebRTC. La API de video de Agora permite comunicaciones en tiempo real y de móvil a móvil a través de una red global de Agora virtual. Agora es un proveedor de PaaS. Los desarrolladores pueden integrar la API utilizando los SDK proporcionados por Agora.

Aplicaciones de Agora.io:

- Videollamada.
- Transmisión de video interactivo en vivo.
- Llamada de voz.
- Transmisión de audio interactiva en vivo.
- Mensajería en tiempo real.
- Grabación.

Firestore Cloud Messaging (FCM).

Es una solución multiplataforma que envía mensajes de forma segura y gratuita. FCM permite notificar a una aplicación cliente, por ejemplo, la existencia de nuevos correos electrónicos, la sincronización de datos, entre otros. Además, puede enviar notificaciones para atraer a más usuarios y aumentar su retención. Un mensaje puede enviar una carga útil de hasta 4 KB a una aplicación cliente (*Firestore Cloud Messaging*, 2021).

Funcionalidades de Firestore Cloud Messaging:

- Envía mensajes a través de notificaciones.
- Mensajes orientados de forma versátil.
- Envía mensajes desde la aplicación cliente.

2.3.3.2 Conceptos relacionados a las tecnologías utilizadas en la analítica de datos.

Analítica de datos. Es la ciencia que examina los datos en bruto con la finalidad de sacar conclusiones sobre la información. El análisis de datos es una herramienta utilizada por las industrias que permite tomar excelentes decisiones empresariales, otra de sus aplicaciones se encuentra en la ciencia ya que sirve para verificar o reprobando modelos o teorías existentes. Se divide generalmente en: análisis exploratorio de datos y en análisis confirmatorio de datos. El análisis cuantitativo de datos es usado en las ciencias sociales para sacar conclusiones de datos no numéricos, como palabras, fotografías o videos (Stedman, 2021).

Calidad de los datos. El principal problema que se enfrentan los analistas de datos es la falta de calidad de los datos, el cual es uno de los inconvenientes más graves y persistentes en cualquier entidad u organización. De hecho, la calidad de los datos es el activo corporativo más importante, el cual permite administrar de mejor forma los recursos, optimizando procesos e iniciativas para obtener mejor rentabilidad, logrando de este modo claras ventajas competitivas en el mercado internacional o local (Amaya, 2020).

Limpieza de datos. Es el proceso que permite detectar, corregir o eliminar registros corrompidos o inexactos de una agrupación de registros o bases de datos. Además, identifica en los datos partes incompletas, incorrectas, para luego reemplazar, modificar o borrar los datos. La limpieza de datos se puede realizar de forma automatizada con herramientas que gestionan datos o procesamiento por lotes mediante secuencias de comandos («Limpieza y preprocesamiento de datos para principiantes con código en Python», 2020).

Machine Learning. A partir de 1950, época en la cual se descubrieron y redefinieron varios métodos estadísticos, para luego aplicarlos en el aprendizaje automático mediante algoritmos simples. Actualmente se lo puede definir como un conjunto de métodos, técnicas con la capacidad de detectar automáticamente patrones en los datos para realizar predicciones y para tomar decisiones en entornos de incertidumbre (ManagementSolution, 2018).

Python. Es un lenguaje de programación interpretado con el objetivo de ser fácil de comprender para cualquier persona con conocimientos básicos de programación. Entre sus principales características se encuentra:

- Es un lenguaje de código abierto, por lo tanto, se puede usar sin pagar licencias y es totalmente gratuito.
- Posee gran respaldo por la comunidad de desarrolladores.
- Permite combinar diferentes paradigmas de programación siendo muy flexible y fácil de aprender.
- Es aplicado para el desarrollo de aplicaciones web e inteligencia artificial.
- Puede ser usando en plataformas de Windows y Linux (Visus, 2020)

Librerías de Python para proyectos de Machine Learning

- **Scikit-learn:** Es la librería más utilizada para Machine Learning en la cual se puede encontrar algoritmos de clasificación, regresión lineal y análisis de grupos, se puede operar en conjunto con las librerías de Numpy y Scipy.
- **Matplotlib:** Es una librería diseñada para la generación de gráficos, obtenidos de listas, arrays o cualquier conjunto de datos.
- **Pandas:** Es una librería utilizada para el manejo y análisis de datos, su principal funcionalidad es que permite leer y escribir fácilmente en ficheros con formatos

CSV, EXCEL y SQL. Además, es utilizada para trabajar con series de tiempo y define los datos en estructuras de librería Numpy (Alberca, 2021)

K-means.

Es un algoritmo de clasificación no supervisada el cual agrupa datos basándose en la similitud de sus características. Para su agrupamiento se suele utilizar las distancias cuadráticas, el cual consiste en encontrar la suma de distancias entre el centroide y el objeto, agrupando al centroide más cercano.

El algoritmo consta de tres pasos:

- **Inicialización:** Se escoge el número de grupos K, el cual establece el número de centroides, este proceso se lo puede realizar de forma aleatoria o mediante el uso de técnicas como el codo de Jambu o el método de la silueta.
- **Asignación:** Cada objeto es asignado al centroide más cercano.
- **Actualización centroides:** La posición del centroide se actualiza tomando como nuevo centroide la posición del promedio de los objetos que se encuentran en cada grupo.

Los pasos 2 y 3 se repiten hasta que los centroides no se muevan, o se mueven por debajo de una distancia umbral en cada paso. k-means minimiza la suma de las distancias cuadráticas de cada objeto al centroide de su clúster, optimizando el algoritmo de agrupamiento. (*kmeans*, 2017).

Métodos para encontrar el número óptimo de clústeres

Para encontrar el número óptimo de clústeres existen varios métodos entre ellos se encuentra:

- **Método del codo de Jambu:** Consiste en analizar la inercia de cada uno de los clústeres a utilizar, siendo la inercia la suma de las distancias al cuadrado de cada objeto del clúster al centroide. Luego de obtener la inercia de cada uno de los clústeres, se realiza una gráfica de líneas, con el objetivo de visualizar una inflexión en la gráfica, la cual indicara el clúster óptimo para el conjunto de datos.
- **Método de la silueta:** A diferencia del codo de Jambu, el método de la silueta busca analizar qué tan cercanos están los objetos al clúster, el valor obtenido se lo conoce como puntaje de la silueta. El puntaje está en un rango de 1 a -1, siendo el

puntaje cercano a 1, el que represente al clúster óptimo, a diferencia que puntajes cercanos a -1, indica inconsistencia en el conjunto de datos.

Aplicaciones de K- means

- En epidemiología se utiliza para el estudio del comportamiento de enfermedades, mediante el agrupamiento puede ayudar a informar sobre la propagación y ayudar a un manejo óptimo de la enfermedad (Virgantari & Faridhan, 2020).
En este ámbito, se puede mencionar la utilización de la información de pacientes de COVID-19, para determinar zonas de cuarentena manejables a nivel micro, lo cual permita identificar zonas críticas a través del agrupamiento de datos, en las cuales los gobiernos puedan implementar medidas sanitarias para contener el avance de los contagios (Chinchorkar, 2020).
- En atención hospitalaria se utiliza la caracterización de pacientes, con el objetivo de mejorar la calidad de atención hospitalaria
- En imagenología se emplea en la segmentación de imágenes médicas digitales a partir de estándar DICOM, con el fin de mejorar los resultados reportados en fuentes bibliográficas (Toranzo Lorca et al., 2010).
- El marketing ayuda a mejorar su base de clientes y a trabajar en las áreas objetivo, agrupando a las personas (de acuerdo con diferentes criterios como la voluntad, el poder adquisitivo, etc.) en función de su similitud de muchas formas relacionadas con el producto en cuestión. (edureka, 2014).
- En sismología se utiliza para estudiar terremotos. Según las áreas afectadas por un terremoto en una región, la agrupación puede ayudar a analizar la próxima ubicación probable donde puede ocurrir un terremoto (edureka, 2014).

Series de Tiempo

Las series de tiempos se refieren a datos estadísticos que se recopilan, observan o registran en intervalos de tiempo regulares (diario, semanal, semestral, anual, entre otros) (Larios, 2021).

En el área específica de la salud, su aplicación es bastante amplia y se enfoca principalmente en patrones transitorios de causas de enfermedad y muerte, pronóstico de la incidencia de enfermedades infecto-contagiosas, detección de epidemias y

evaluación de intervenciones, todo lo cual convierte este análisis en una poderosa herramienta para comprender diferentes sucesos biomédicos (León-Álvarez et al., 2016).

Componentes de una serie de tiempo

Tendencia: Es la tendencia a largo plazo de una serie de aumentar o disminuir.

Estacionalidad: La variación periódica en las series de tiempo dentro de un periodo de tiempo determinado. Estas variaciones crean un patrón que tiende a repetirse de un periodo estacional al siguiente en un año (las estaciones), una semana (los fines de semana) o un día (las horas puntas) o cualquier otro periodo.

Ciclos: Es la componente que junta las oscilaciones periódicas de amplitud superiores a un año. Los ciclos se crean durante un intervalo de tiempo sumamente extenso, y los tiempos que transcurren entre los picos o valles sucesivos de un ciclo no necesariamente son iguales.

Movimiento irregular: El movimiento que queda después de explicar los movimientos de tendencia, estacionales y cíclicos; ruido aleatorio o error en una serie de tiempo.

2.4 Antecedentes Contextuales

La enfermedad del COVID-19, desde sus inicios, se fue expandiendo por todo el mundo, no existía un registro real de las personas que eran sospechosas, que estaban contagiadas y/o muertas. Los estudios epidemiológicos de la enfermedad permitieron determinar los síntomas con los que se manifestaba, y mediante el registro de estos síntomas realizar el seguimiento de la evolución de la enfermedad. Por esta razón, se desarrollaron soluciones tecnológicas como: aplicaciones móviles, gadgets y chats inteligentes con funciones de prediagnóstico, seguimiento y atención (asesoría médica), con el fin de obtener información sobre posibles casos de contagio de coronavirus (Sanofi, 2021).

Por ejemplo, en São Paulo, Brasil, la startup Biologix creó un sistema basado en el internet de las cosas, el cual permite monitorear remotamente a pacientes con

sospecha o con síntomas leves de COVID-19, la aplicación utiliza sensores que permiten captar información de la saturación de oxígeno y la frecuencia cardíaca del paciente, para enviarlas a especialistas de salud en tiempo real, si existe una alteración drástica en estos parámetros, el sistema permite derivarlos a hospitales y de esta manera disminuir el riesgo de contagios entre el paciente y el personal de salud (Elton, 2021).

En Cataluña, España, se desarrolló el aplicativo coVIDApp, una aplicación de asistencia médica remota, con el fin de facilitar el seguimiento clínico de los pacientes que reciben atención médica domiciliaria, enviando los datos de sintomatología e información del paciente a los profesionales de la salud. Además, el aplicativo tiene como expectativa mejorar la atención sanitaria de los pacientes, la minimización de contagios potenciales y optimizar los recursos de salud (Fundación Lucha contra el Sida, 2021).

En Estados Unidos, La empresa PaxeraHealth líder en desarrollo de software médico, anunció el aplicativo CoronaCare que busca apoyar a los proveedores de atención médica en el seguimiento a pacientes de bajo riesgo utilizando mensajería instantánea y videollamadas. Así también, la identificación de pacientes potencialmente infectados, geolocalización de personas en alto riesgo y en cuarentena (*PaxeraHealth anuncia lanzamiento de la aplicación CoronaCare, 2021*).

En Ecuador, El Gobierno Nacional presentó el aplicativo “SALUDEC”, este recurso digital tiene la finalidad de asistir a los ciudadanos, frente a los posibles síntomas del coronavirus. El aplicativo cuenta con el registro de ciudadanos, evaluación de síntomas para asumir o descartar casos de coronavirus y el acceso para agendamiento de citas médicas en los centros de salud de primer nivel del Ministerio de Salud Pública (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2020).

Finalmente, presentó el aplicativo móvil “ASÍ”, el cual tiene como objetivo informar de forma anónima casos sospechosos o confirmados de COVID-19 a la ciudadanía, el aplicativo garantiza la privacidad e intimidad de los datos personales de los usuarios, además utiliza protocolos de países como Alemania, Suiza y Uruguay, en donde ha dado resultados excelentes frente a la pandemia. (Secom, 2020).

Capítulo III

3. Desarrollo de la aplicación

3.1 Introducción

En el siguiente capítulo se muestra el desarrollo del aplicativo móvil, para lo cual se ha tomado en cuenta como marco de trabajo a Scrum, debido a la flexibilidad y agilidad con la cual permite abordar proyectos software, realizando entregas parciales cada cierto periodo de tiempo.

Para el desarrollo del aplicativo móvil se basó en los requerimientos propuestos por el experto Dr. Bolívar Llamuca, médico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga, como una estrategia digital para el registro y seguimiento de personas con sospecha de COVID-19. Este aplicativo es un proyecto complementario del proyecto denominado “Desarrollo de una aplicación web que apoye al seguimiento del estado de salud de personas expuestas al contagio de covid-19 mediante tele asesoría médica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga”, desarrollado por los ingenieros Darwin Guaila y Byron Rosas ³. Además, en esta sección se detalla la arquitectura que permita gestionar el aplicativo de manera ordenada, modular y mantenible. El proyecto se dividirá en Sprints con el objetivo de realizar entregas funcionales del aplicativo, posteriormente se realizará la validación y pruebas en un entorno de producción, permitiendo recolectar datos reales para el tratamiento y análisis de posibles indicios de comportamientos.

3.2 Arquitectura

La arquitectura del aplicativo se puede observar en la figura 1, la cual esta dividido por varios componentes y tecnologías. Del lado del servidor o backend no se entrará en detalle debido a que su arquitectura sirve de base para el desarrollo de este proyecto, de acuerdo con lo anteriormente indicado.

A continuación, se detalla las tecnologías utilizadas en el aplicativo móvil:

Flutter: Es un SDK creado por Google para el desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma (IOs y Android).

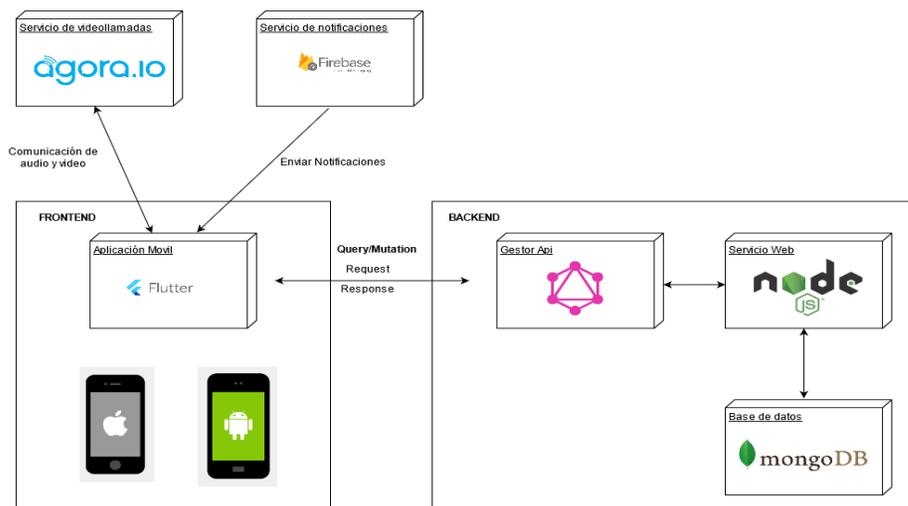
³ Dirección web del proyecto: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/24373>

Firestore Cloud Messaging (FCM): Es una solución de mensajería instantánea la cual permite enviar y recibir notificaciones a dispositivos móviles y web.

Agora.IO: Es una plataforma que brinda el servicio de transmisión interactiva de audio y video, la cual permitirá la comunicación entre los pacientes y el personal de salud.

Figura 1

Diagrama de la arquitectura del sistema



Nota. Diagrama de la arquitectura del sistema, además se detalla cada una de las tecnologías utilizadas en el proyecto.

En la figura 1, se puede visualizar el flujo del proyecto, el cual inicia en el aplicativo móvil. El usuario mediante su dispositivo accede al aplicativo para realizar acciones. Dichas acciones interactúan con el backend a través del api en GraphQL, realizando peticiones para registro, actualización o visualización de datos, a su vez el api responderá lo requerido.

Además, el aplicativo móvil cuenta con funcionalidades extra como recordatorios enviados a través de Firebase Cloud Messaging, recopilación de la geolocalización del dispositivo y para las videollamadas se utilizó el servicio de Agora.io.

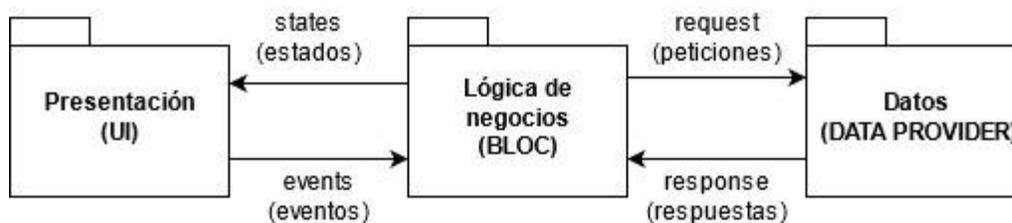
3.2.1 **Bloc y la arquitectura en 3 capas**

El patrón Bloc permite gestionar al aplicativo móvil en capas, facilitando el mantenimiento y la reutilización de código. A continuación, se detalla cada una de las capas:

- **Capa de datos:** Es la capa de nivel más bajo de la aplicación debido a que interactúa con bases de datos u otras fuentes, en este caso, la capa realizará operaciones con el api de GraphQL y también transformará los datos antes de ser entregados a la capa de lógica de negocio.
- **Capa lógica de negocio:** Es la capa media entre la capa de presentación y la capa de datos. La capa de lógica de negocios recibe eventos o acciones de parte de la capa de presentación, luego se comunica con la capa de datos para realizar las acciones y finalmente envía un cambio de estado a la capa de presentación.
- **Capa de presentación:** Conocida también como interfaz de usuario, es la capa que interactúa con el usuario y además dibuja la interfaz en función del estado entregado por la capa de lógica de negocio.

Figura 2

Diagrama de la arquitectura en capas



Nota. Diagrama de la arquitectura en tres capas, además muestra la interacción entre las mismas.

3.3 Desarrollo del proyecto

3.3.1 *Producto Backlog*

Luego de desarrollar las historias de usuario que tengan los requerimientos del usuario, se las junto de manera ordenada en el producto backlog, este orden está estructurado en base a la prioridad de desarrollo.

Tabla 1*Product Backlog del proyecto*

Product backlog						
ID	Historias de Usuario	Estimación	Fecha Inicio	Fecha Final	Estado	N Sprint
CL-001	Cuestionario virtual de COVID-19	2	04/01/2021	05/01/2021	Pendiente	1
CL-002	Registro de datos del paciente para inicio de sesión	2	06/01/2021	08/01/2021	Pendiente	1
CL-003	Registro de datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo	3	11/01/2021	14/01/2021	Pendiente	1
CL-004	Geolocalización	5	15/01/2021	22/01/2021	Pendiente	1
CL-005	Visualización de datos del paciente	1	25/01/2021	26/01/2021	Pendiente	2
CL-006	Inicio de sesión	2	27/01/2021	29/01/2021	Pendiente	2
CL-007	Registro de seguimientos	2	01/02/2021	03/02/2021	Pendiente	2
CL-008	Visualización de Seguimientos	1	04/02/2021	05/02/2021	Pendiente	2
CL-009	Notificaciones push	5	08/02/2021	15/02/2021	Pendiente	3

Product backlog						
ID	Historias de Usuario	Estimación	Fecha Inicio	Fecha Final	Estado	N Sprint
	Visualizador de documentos en pdf	3	16/02/2021	19/02/2021	Pendiente	3
	Videollamada	8	22/02/2021	03/03/2021	Pendiente	3

Nota. Esta tabla muestra la pila de producto o Product Backlog que contiene los requerimientos iniciales del aplicativo móvil.

3.3.2 *Sprint N°1*

El primer sprint se encargará del “Registro de Pacientes” en el sistema, están definidos como pacientes los usuarios del sistema, el aplicativo iniciara con la ventana de inicio de sesión , si el paciente no está registrado se realizaran un cuestionario para ofrecerles la opción de registrarse en el aplicativo, posteriormente se necesitará que el usuario guarde su información personal, datos demográficos, antecedentes ginecológicos, factores de riesgo y para registrar su ubicación se les pedirá que se autorice activar la geolocalización del dispositivo.

3.3.2.1 Historias de usuario.

Tabla 2

Historia de usuario del Cuestionario virtual de COVID-19

Historias de Usuario	
Número: CL-001	Usuario: Paciente
Nombre historia: Cuestionario virtual de COVID-19	
Prioridad de negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: media
Puntos estimados: 2	Interacción asignada: 1
Programadores responsables: Santiago Collaguazo, Eddy Chiriboga	
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Como administrador deseo realizar un cuestionario virtual sobre los síntomas de la COVID-19 a los posibles usuarios para restringir el registro al aplicativo. 	
Validación:	

Historias de Usuario

- El aplicativo móvil no permitirá el registro de usuarios si obtienen de 0 a 2 puntos en el cuestionario y lo categoriza como “no sospechoso”.
 - El aplicativo móvil permitirá el registro de usuarios si obtienen de 3 a 4 puntos en el cuestionario y los categoriza como “baja sospecha”.
 - El aplicativo móvil permitirá el registro de usuarios si obtienen de 5 a 7 puntos en el cuestionario y los categoriza como “alta sospecha”.
 - El aplicativo móvil permitirá el registro de usuarios si obtienen de 8 a 17 puntos en el cuestionario y los categoriza como “atención médica urgente”.
-

Nota. Esta tabla muestra la historia de usuario CL-001 uno del aplicativo móvil, la cual contiene las funciones y criterios de aceptación del cuestionario virtual de COVID-19.

Tabla 3

Historia de usuario del Registro de pacientes para inicio de sesión

Historias de Usuario	
Número: CL-002	Usuario: Paciente
Nombre historia: Registro de datos del paciente para inicio de sesión	
Prioridad de negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: media
Puntos estimados: 2	Interacción asignada: 1
Programadores responsables: Santiago Collaguazo, Eddy Chiriboga	
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Como paciente deseo registrar nombres, apellidos, cédula ecuatoriana, correo electrónico y una contraseña, para tener acceso al aplicativo. 	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El aplicativo móvil validará los campos vacíos. • El aplicativo móvil validará el ingreso correcto del número de cédula ecuatoriana • El aplicativo móvil validará el formato del correo electrónico. • El aplicativo móvil validará el número de caracteres máximos según el campo. • El aplicativo móvil validará que se ingresen mínimo 6 caracteres en la contraseña. 	

Historias de Usuario

- El aplicativo móvil validará la existencia del número de cédula, para evitar duplicidad de pacientes.
 - El aplicativo móvil validará que el usuario acepte los términos y condiciones de uso del sistema.
-

Nota. Esta tabla muestra la historia de usuario CL-002 del aplicativo móvil, la cual contiene las funciones y criterios de aceptación del registro de datos del paciente para inicio de sesión.

Tabla 4

Historia de usuario del Registro datos demográficos, antecedentes ginecológicos y, antecedentes factores de riesgo

Historias de Usuario	
Número: CL-003	Usuario: Paciente
Nombre historia: Registro de datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo.	
Prioridad de negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: media
Puntos estimados: 3	Interacción asignada: 1
Programadores responsables: Santiago Collaguazo, Eddy Chiriboga	
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Como paciente deseo registrar mis datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo para informar al equipo de salud. 	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El aplicativo móvil validará los campos vacíos. • El aplicativo móvil solo permitirá el ingreso de pacientes mayores a 16 años. • El aplicativo móvil mostrará los antecedentes ginecológicos a pacientes de género femenino. 	

Nota. Esta tabla muestra la historia de usuario CL-003 del aplicativo móvil, la cual contiene las funciones y criterios de aceptación del registro de datos demográficos, antecedentes ginecológicos y antecedentes factores de riesgo.

Tabla 5*Historia de usuario de Geolocalización*

Historias de Usuario	
Número: CL-004	Usuario: Paciente
Nombre historia: Geolocalización	
Prioridad de negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: media
Puntos estimados: 5	Interacción asignada: 1
Programadores responsables: Santiago Collaguazo, Eddy Chiriboga	
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Como administrador deseo que los usuarios registren su ubicación de forma imperceptible para monitorear su geolocalización. 	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El aplicativo móvil validará los permisos a la ubicación del dispositivo. • El aplicativo móvil verifica que esté encendido la ubicación del dispositivo. 	

Nota. Esta tabla muestra la historia de usuario CL-004 del aplicativo móvil, la cual contiene las funciones y criterios de aceptación del Geolocalización.

3.3.2.2 Sprint backlog.

Figura 3

Sprint Backlog - Sprint N°1

Sprint	Inicio	Fin	Jornada	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
1	4/1/2021	22/1/2021	8 horas	4/1/2021	5/1/2021	6/1/2021	7/1/2021	8/1/2021	11/1/2021	12/1/2021	13/1/2021	14/1/2021	15/1/2021	18/1/2021	19/1/2021	20/1/2021	21/1/2021	22/1/2021
Tareas Pendientes				22	22	22	21	20	19	14	13	11	10	9	9	7	5	0
Horas Pendientes				192	174	158	153	146	139	127	119	90	74	48	37	19	6	0

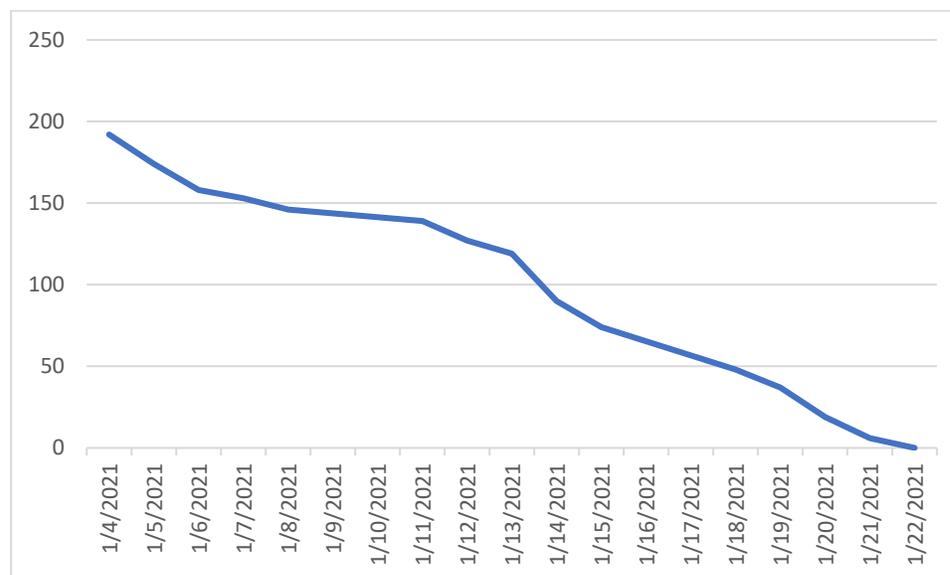
Backlog	Tarea	Categoría	Responsable	Estimado (Horas)	Estado	Esfuerzo													
CL-001	Cuestionario en pantallas desplegadas	Codificación	Sebastián Chirboga	8	Finalizado	8	4	2											
CL-001	Colocar puntaje a cada ítem del cuestionario	Codificación	Santiago Collaguazo	6	Finalizado	6	5	2	1										
CL-001	Calcular el puntaje del cuestionario	Codificación	Sebastián Chirboga	6	Finalizado	6	5	4	2	1									
CL-001	Mostrar pantallas resultantes del cuestionario	Codificación	Santiago Collaguazo	8	Finalizado	8	4	2	2	2	2								
CL-001	Prueba del requerimiento	Pruebas	Sebastián Chirboga	4	Finalizado	4	1	1	1	1	1								
CL-002	Vista registro del usuario	Codificación	Santiago Collaguazo	6	Finalizado	6	4	2	2	2	2	1							
CL-002	Validaciones en el formulario	Codificación	Sebastián Chirboga	5	Finalizado	5	2	1	1	1	1								
CL-002	Conexión a GraphQL	Codificación	Santiago Collaguazo	5	Finalizado	5	5	5	5	1	1	1							
CL-002	Insertar registro utilizando el endpoint de GraphQL (mutation)	Codificación	Sebastián Chirboga	6	Finalizado	6	6	4	5	5	1								
CL-002	Mostrar errores de la petición al usuario	Codificación	Santiago Collaguazo	5	Finalizado	5	5	5	4	4	2								
CL-002	Prueba del requerimiento	Pruebas	Sebastián Chirboga	5	Finalizado	5	5	2	2	1	1	1	1						
CL-003	Vista registro de datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo	Codificación	Santiago Collaguazo	16	Finalizado	16	16	16	16	16	16	16	16	10	10	5	5	4	1
CL-003	Validaciones del formulario	Codificación	Sebastián Chirboga	12	Finalizado	12	12	12	12	12	12	10	10	8	4	4	2	1	
CL-003	Insertar registro utilizando el endpoint de GraphQL (mutation)	Codificación	Santiago Collaguazo	8	Finalizado	8	8	8	8	8	8	8	4	4	1				
CL-003	Mostrar errores de la petición al usuario	Codificación	Sebastián Chirboga	6	Finalizado	6	6	6	6	6	6	4	5	1					
CL-003	Prueba del requerimiento	Pruebas	Santiago Collaguazo	6	Finalizado	6	6	6	6	6	6	5	3	1	1	1	1	1	1
CL-004	Investigar el paquete location y geolocator en Flutter	Investigación	Sebastián Chirboga	16	Finalizado	16	16	16	16	16	16	16	15	15	10	10	5	2	
CL-004	Permisos de ubicación del dispositivo móvil	Codificación	Santiago Collaguazo	16	Finalizado	16	16	16	16	16	16	16	15	11	9	5	3	1	
CL-004	Permisos de activación de ubicación en el dispositivo móvil	Codificación	Sebastián Chirboga	14	Finalizado	14	14	14	14	14	14	14	14	10	5	3	1		
CL-004	Capturar localización del dispositivo móvil	Codificación	Santiago Collaguazo	14	Finalizado	14	14	14	14	14	14	14	14	10	9	7	5	3	1
CL-004	Añadir localización del dispositivo móvil en la petición de	Codificación	Sebastián Chirboga	10	Finalizado	10	10	10	10	10	10	10	10	10	4	2			
CL-004	Prueba del requerimiento	Pruebas	Santiago Collaguazo	10	Finalizado	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	4	1	

Nota. Esta imagen muestra la lista de tareas del Sprint N°1, además contiene la asignación de tareas a los miembros del equipo con su respectivo esfuerzo.

3.3.2.3 Burndown chart.

Figura 4

Burndown chart - Spring N°1



Nota. El gráfico representa el progreso del Sprint N°1

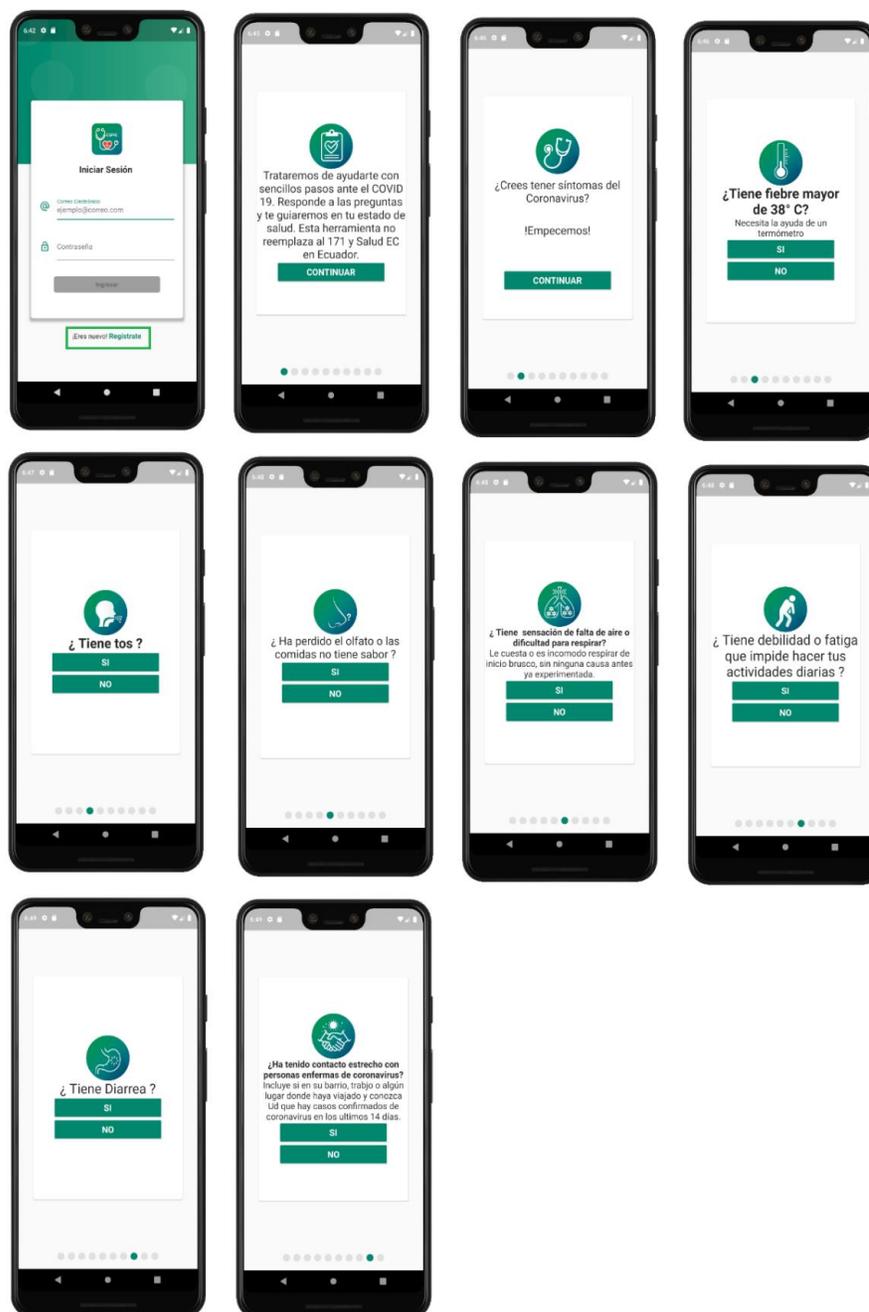
3.3.2.4 Presentación de artefactos.

Cuestionario Virtual

Al ingresar a la aplicación móvil, el paciente observará una pantalla de inicio de sesión, aquí se le ofrecerá la opción de registrarse en el sistema si es nuevo, al seleccionar la palabra “Regístrate” se habilitará un cuestionario, con una serie de preguntas que permitirá al sistema determinar el estado de salud del paciente antes de ser registrado, dicho cuestionario fue diseñado por el experto.

Figura 5

Pantalla del cuestionario virtual de COVID-19

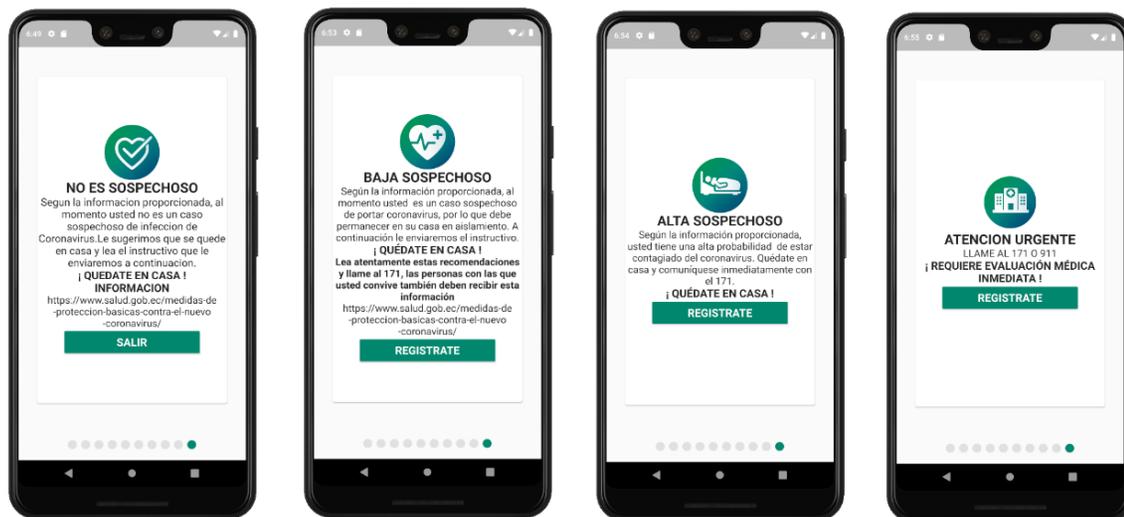


Nota. Capturas de pantalla del cuestionario virtual de COVID-19. Para las capturas se utilizó el emulador de dispositivos Android.

Cuando se complete el cuestionario en base a las respuestas proporcionadas al aplicativo móvil, este determinará su estado de salud, ofreciéndole la opción de registrarse en el aplicativo o no.

Figura 6

Pantallas de los resultados del cuestionario virtual de COVID-19



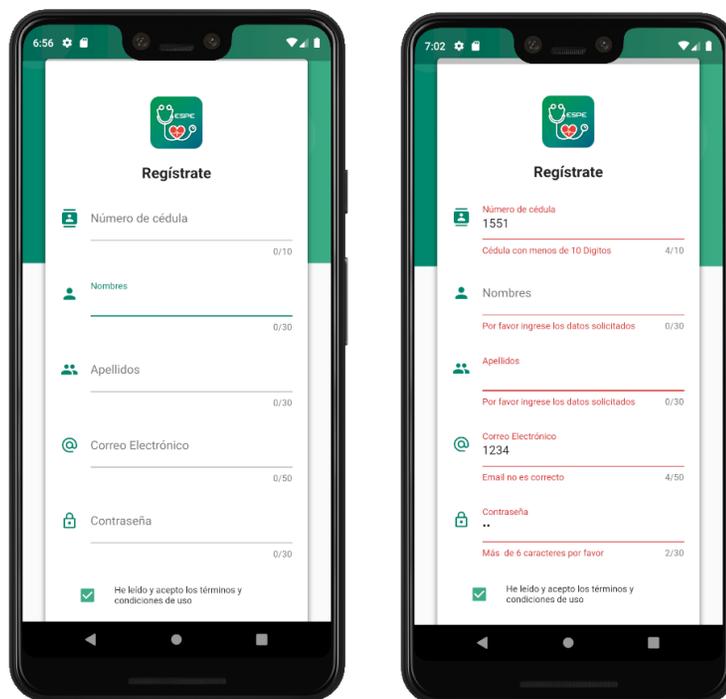
Nota. Capturas de pantalla de los resultados del cuestionario virtual de COVID-19. Para las capturas se utilizó el emulador de dispositivos Android.

Registro de datos del paciente para inicio de sesión

Al ingresar a la pantalla de registro de información del paciente para el inicio de sesión, se presenta un formulario con las funciones descritas previamente en las historias de usuario. Cada campo del formulario de registro cuenta con alertas que informan al paciente si llenó un campo de forma incorrecta.

Figura 7

Pantalla registro de datos del paciente para inicio de sesión



Nota. Capturas de pantalla del registro de datos del paciente para el inicio de sesión. Para las capturas se utilizó el emulador de dispositivos Android.

Registro de datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo

Luego de registrar la información personal para el inicio de sesión, se mostrará un formulario de registro de datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo, este formulario se encuentra validado con todas las funciones descritas en la historia de usuario. Los campos del formulario cuentan con alertas que informan al paciente si un campo está lleno de forma incorrecta.

Figura 8

Pantallas del registro de datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo

The figure displays three sequential screenshots of the 'Covid life' mobile application interface. Each screen features a green header with the app's name and a white content area with various input fields and dropdown menus. The first screen, titled 'Datos Personales', includes fields for birth date, phone number, hospital affiliation, home isolation indication, and gender. The second screen, 'Antecedente Ginecológicos', contains questions about pregnancy and lactation, followed by a 'Factores de Riesgo' section with questions on high blood pressure, diabetes, and smoking. The third screen continues the risk factor section with questions about cancer diagnosis, disability, other diseases, allergies, and family size, ending with a green 'Guardar' button.

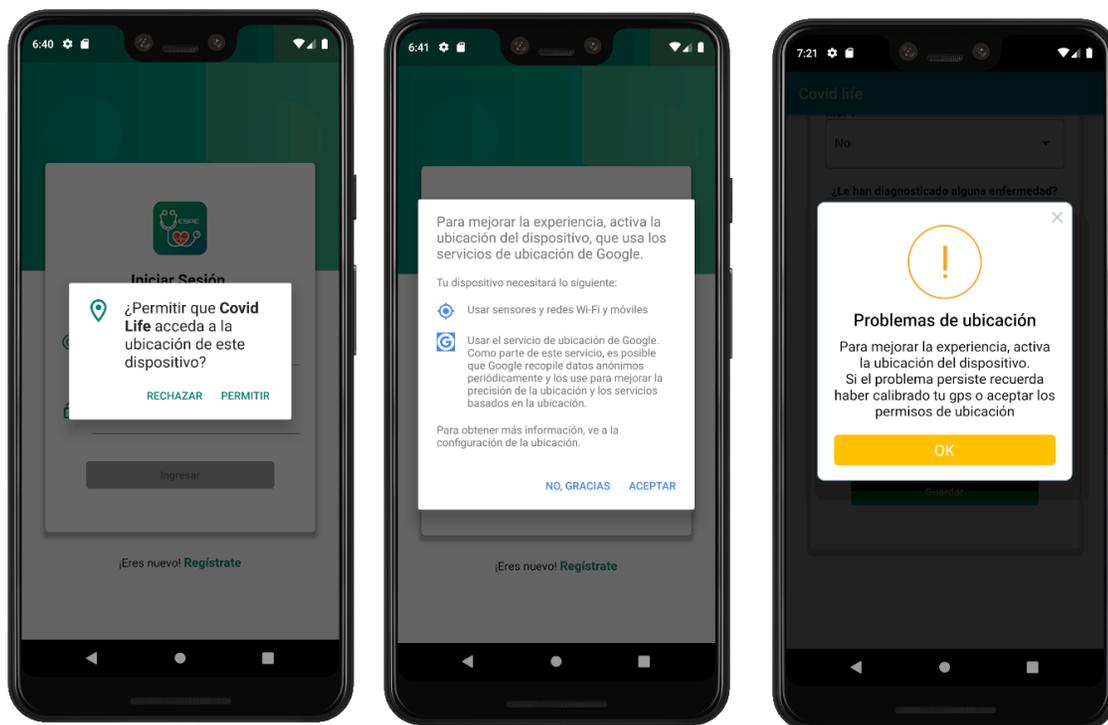
Nota. Capturas de pantalla del registro de datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo. Para las capturas se utilizó el emulador de dispositivos Android.

Geolocalización

Al iniciar el aplicativo móvil, este pedirá permiso al paciente para utilizar la geolocalización del dispositivo. Además, mostrará mensajes de alerta en caso de tener problemas con el acceso a la ubicación del dispositivo.

Figura 9

Pantallas de los permisos de geolocalización



Nota. Capturas de pantalla de los permisos de geolocalización. Para las capturas se utilizó el emulador de dispositivos Android.

3.3.3 *Sprint N°2*

En el segundo sprint, se enfocó en las funcionalidades previas al registro del usuario en el aplicativo, tales como, el inicio de sesión, visualización de datos del paciente, registro de seguimientos y visualización de los mismos.

3.3.3.1 **Historias de usuario.**

Tabla 6

Historia de usuario de la Visualización de datos del paciente

Historias de Usuario	
Número: CL-005	Usuario: Paciente
Nombre historia: Visualización de datos del paciente.	

Historias de Usuario	
Prioridad de negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: media
Puntos estimados: 1	Interacción asignada: 2
Programadores responsables: Santiago Collaguazo, Eddy Chiriboga	
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Como paciente deseo visualizar mi perfil de usuario para comprobar la información ingresada. 	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El aplicativo móvil mostrará los datos del usuario en la sesión actual. 	

Nota. Esta tabla muestra la historia de usuario CL-005 del aplicativo móvil, la cual contiene las funciones y criterios de aceptación de la Visualización de datos del paciente.

Tabla 7

Historia de usuario del Inicio de sesión

Historias de Usuario	
Número: CL-006	Usuario: Paciente
Nombre historia: Inicio de sesión	
Prioridad de negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: media
Puntos estimados: 2	Interacción asignada: 2
Programadores responsables: Santiago Collaguazo, Eddy Chiriboga	
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Como paciente deseo iniciar sesión ingresando el correo electrónico y la contraseña para tener acceso al sistema. • Como paciente deseo mantener la sesión hasta que decida cerrarla para facilidad de uso del aplicativo. 	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El aplicativo móvil validará los campos vacíos. • El aplicativo móvil validará el formato del correo electrónico. • El aplicativo móvil validará que se ingresen mínimo 9 caracteres en la contraseña. 	

Historias de Usuario

- El aplicativo móvil validará que las credenciales (correo electrónico y contraseña) sean correctas.
 - El aplicativo móvil validará las credenciales almacenadas.
-

Nota. Esta tabla muestra la historia de usuario CL-006 del aplicativo móvil, la cual contiene las funciones y criterios de aceptación del Inicio de sesión.

Tabla 8

Historias de usuario del Registro de seguimientos

Historias de Usuario

Número: CL-007

Usuario: Paciente

Nombre historia: Registro de seguimientos

Prioridad de negocio: Alta

Riesgo en desarrollo: media

Puntos estimados: 2

Interacción asignada: 2

Programadores responsables: Santiago Collaguazo, Eddy Chiriboga

Descripción:

- Como paciente deseo registrar seguimientos con la siguiente información: temperatura, saturación de oxígeno, ritmo cardiaco, estado de salud, dificultad para respirar, solicitar videollamada, descripción detallada del estado de salud para informar al personal de salud.
-

Validación:

- El aplicativo móvil validará los campos vacíos.
 - El aplicativo móvil permitirá enviar máximo tres seguimientos al día.
 - El aplicativo móvil validará el ingreso de número en el caso de temperatura, frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno.
 - El aplicativo móvil validará el rango de la temperatura (36 °C - 40 °C)
 - El aplicativo móvil validará el rango de la frecuencia cardiaca (65 bpm - 100 bpm)
 - El aplicativo móvil validará el rango de la saturación de oxígeno (84 %SpO2 - 100SpO2)
-

Nota. Esta tabla muestra la historia de usuario CL-007 del aplicativo móvil, la cual contiene las funciones y criterios del Registro de seguimientos.

Tabla 9

Historia de usuarios de la Visualización de seguimientos

Historias de Usuario	
Número: CL-008	Usuario: Paciente
Nombre historia: Visualización de Seguimientos	
Prioridad de negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: media
Puntos estimados: 1	Interacción asignada: 2
Programadores responsables: Santiago Collaguazo, Eddy Chiriboga	
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Como paciente deseo visualizar los seguimientos registrados en el día para comprobar la información ingresada. 	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El aplicativo móvil mostrará los seguimientos del usuario en la sesión actual. 	

Nota. Esta tabla muestra la historia de usuario CL-008 del aplicativo móvil, la cual contiene las funciones y criterios de la Visualización de seguimientos.

3.3.3.2 Sprint backlog.

Figura 10

Sprint backlog - Sprint N°2

Sprint	Inicio	Fin	Jornada	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
2	25/1/2021	5/2/2021	8 horas	25/1/2021	26/1/2021	27/1/2021	28/1/2021	29/1/2021	1/2/2021	2/2/2021	3/2/2021	4/2/2021	5/2/2021
Tareas Pendientes				16	16	16	15	13	12	7	3	1	0
Horas Pendientes				97	81	70	59	42	24	12	3	1	0

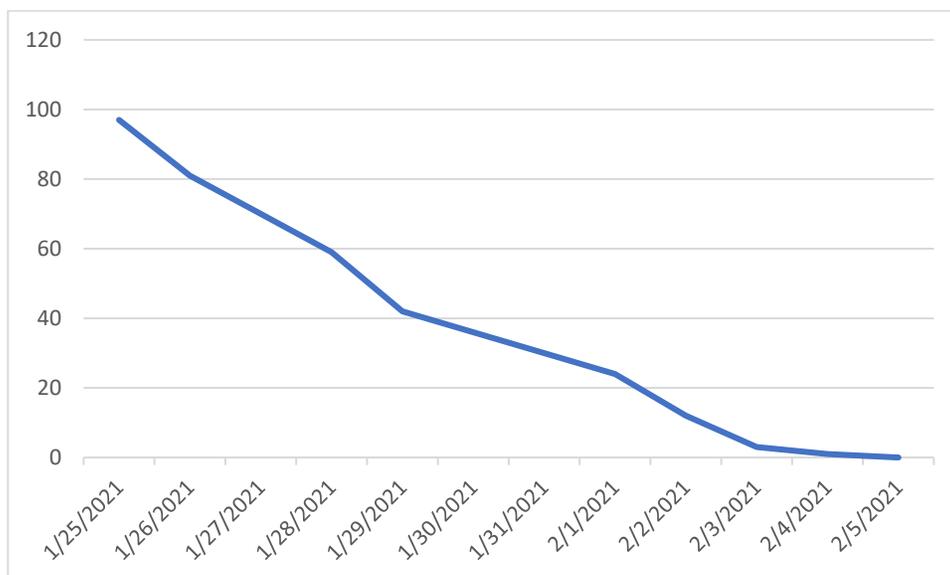
Backlog	Tarea	Categoría	Responsable	Estimado (Horas)	Estado	Esfuerzo							
CL-005	Recuperación de información del paciente	Codificación	Sebastián Chiriboga	7	Finalizado	8	4	2					
CL-005	Mostrar información en vista	Codificación	Santiago Collaguazo	8	Finalizado	8	5	2	1				
CL-005	Prueba del requerimiento	Pruebas	Sebastián Chiriboga	1	Finalizado	1	1	1	1				
CL-006	Vista inicio de sesión del usuario	Codificación	Santiago Collaguazo	4	Finalizado	4	4	2	2	1			
CL-006	Validaciones en el formulario	Codificación	Sebastián Chiriboga	8	Finalizado	8	8	5	4	1	1		
CL-006	Autenticación utilizando el endpoint de GraphQL	Codificación	Santiago Collaguazo	6	Finalizado	6	4	4	4	2	1	1	
CL-006	Mostrar errores de la petición al usuario	Codificación	Sebastián Chiriboga	8	Finalizado	8	2	1	1	1	1		
CL-006	Prueba del requerimiento	Pruebas	Santiago Collaguazo	6	Finalizado	6	5	5	5	1	1	1	
CL-007	Vista registro de seguimiento	Codificación	Sebastián Chiriboga	4	Finalizado	4	4	4	3	2	1		
CL-007	Validaciones en el formulario	Codificación	Santiago Collaguazo	8	Finalizado	8	8	8	5	4	1		
CL-007	Insertar registro utilizando el endpoint de GraphQL (mutation)	Codificación	Sebastián Chiriboga	6	Finalizado	6	6	6	6	5	2	1	
CL-007	Mostrar errores de la petición al usuario	Codificación	Santiago Collaguazo	8	Finalizado	8	8	8	5	4	1		
CL-007	Prueba del requerimiento	Pruebas	Sebastián Chiriboga	6	Finalizado	6	6	6	6	5	3	1	
CL-008	Recuperación de seguimientos diarios del paciente	Codificación	Santiago Collaguazo	7	Finalizado	7	7	7	7	7	5	3	1
CL-008	Vista de registro de seguimientos diarios	Codificación	Sebastián Chiriboga	8	Finalizado	8	8	8	8	8	6	4	1
CL-008	Prueba del requerimiento	Pruebas	Santiago Collaguazo	1	Finalizado	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota. Esta imagen muestra la lista de tareas del Sprint N°2, además contiene la asignación de tareas a los miembros del equipo con su respectivo esfuerzo.

3.3.3.3 Burndown chart.

Figura 11

Burndown chart - Sprint N°2



Nota. El gráfico representa el progreso del Sprint N°2

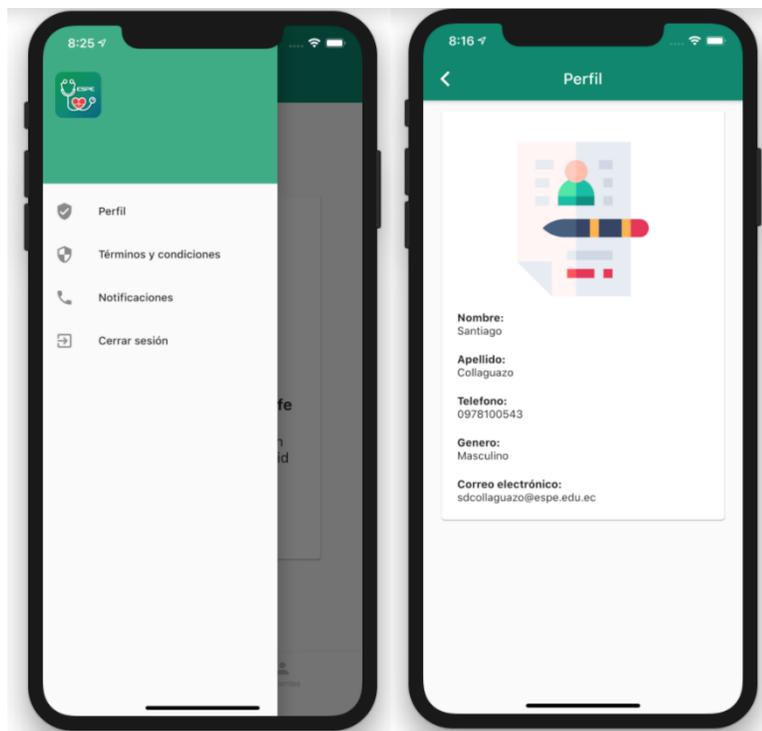
3.3.3.4 Presentación de artefactos.

Visualización de datos del paciente

El aplicativo móvil, cuenta con un menú lateral, el cual se muestra después de registrarse en el aplicativo o iniciar sesión. La opción para visualizar los datos del paciente se encuentra en dicho menú.

Figura 12

Pantallas de visualización de datos del paciente



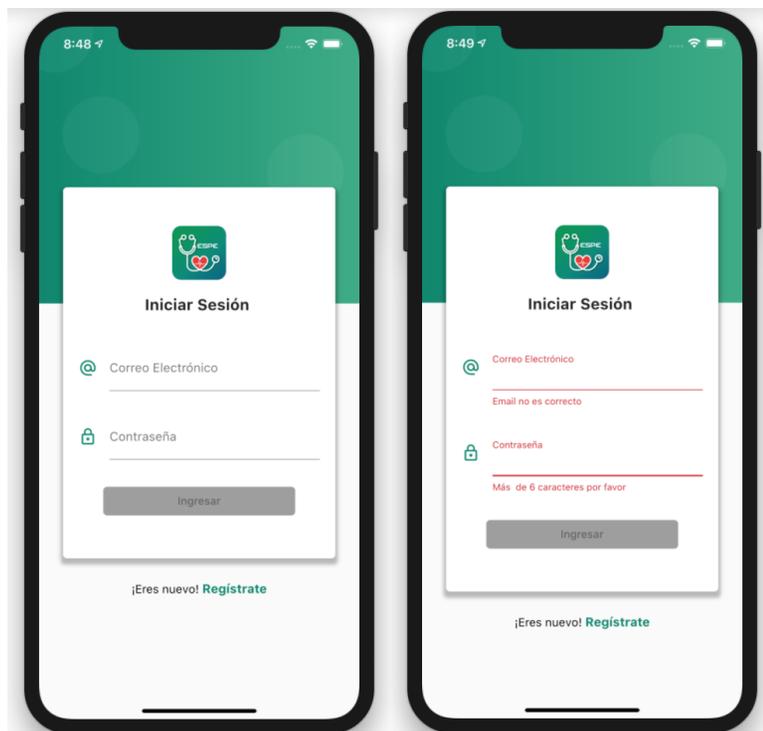
Nota. En el lado izquierdo de la figura se muestra una captura de pantalla del menú lateral del aplicativo y en el lado derecho se muestra la visualización de datos del paciente. Para las capturas se utilizó el emulador de dispositivos iOS.

Inicio de sesión

Al ingresar al aplicativo se muestra la pantalla de inicio de sesión, el paciente deberá ingresar en el formulario el correo electrónico y la contraseña registrados previamente. Si los datos ingresados son correctos el aplicativo móvil permitirá el acceso al mismo, a continuación, guardará las credenciales en el dispositivo para próximos accesos. En caso de ocurrir algún problema el aplicativo mostrará alertas que informan al paciente.

Figura 13

Pantallas de inicio de sesión



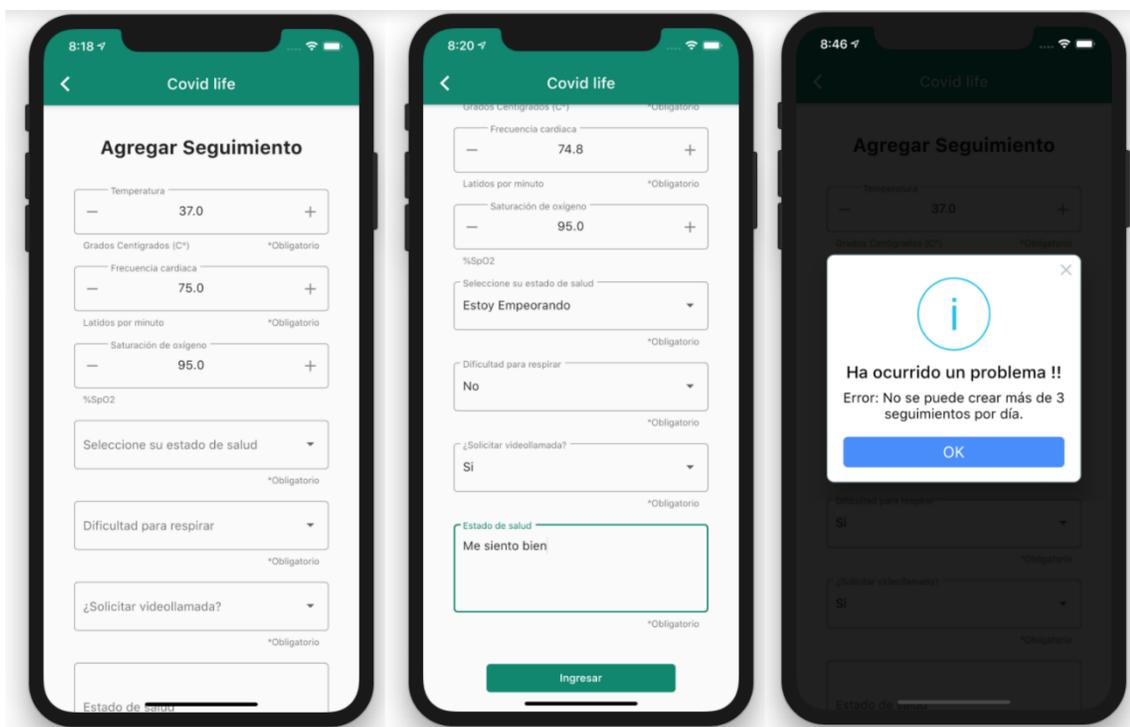
Nota. Capturas de pantalla del inicio de sesión al aplicativo. Para las capturas se utilizó el emulador de dispositivos iOS.

Registro de seguimientos

Para el registro de seguimientos el paciente debe haber iniciado sesión previamente, a continuación, se dirige en el menú inferior a “Pacientes”, en la pantalla de seguimientos el paciente deberá dar clic en el botón +, para acceder al formulario de seguimientos. El paciente podrá registrar máximo tres seguimientos en un día. El formulario cuenta con validaciones para que el usuario ingrese los datos correctamente y alertas para informar en caso de ocurrir algún problema.

Figura 14

Pantallas del registro de seguimientos



Nota. Capturas de pantalla del registro de seguimientos. Para las capturas se utilizó el emulador de dispositivos iOS.

Visualización de Seguimientos

El paciente podrá visualizar los seguimientos registrados en el día, dirigiéndose en el menú inferior a “Pacientes” y seleccionar la opción “Seguimientos”.

Figura 15

Pantalla de visualización de seguimientos



Nota. Captura de pantalla de la visualización de seguimientos diarios del paciente. Para las capturas se utilizó el emulador de dispositivos iOS.

3.3.4 **Sprint N°3**

En el tercer sprint se desarrollaron funcionalidades enfocadas en mejorar la experiencia del usuario, tales como las notificaciones push, visualizador de documentos en PDF y además la comunicación mediante videollamada.

3.3.4.1 **Historias de usuario.**

Tabla 10

Historia de usuario de Notificaciones push

Historias de Usuario	
Número: CL-009	Usuario: Paciente
Nombre historia: Notificaciones push	
Prioridad de negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: media
Puntos estimados: 5	Interacción asignada: 3

Historias de Usuario

Programadores responsables: Santiago Collaguazo, Eddy Chiriboga

Descripción:

- Como paciente deseo recibir notificaciones push para recordar el ingreso de los seguimientos en el día.
 - Como paciente deseo recibir notificaciones push para poder unirme a la videollamada solicitada.
-

Validación:

- El aplicativo móvil recibirá las notificaciones push cuando esté abierto o en segundo plano el aplicativo.
-

Nota. Esta tabla muestra la historia de usuario CL-009 del aplicativo móvil, la cual contiene las funciones y criterios de las notificaciones push.

Tabla 11

Historia de usuario de Visualización de documentos PDF

Historias de Usuario

Número: CL-0010

Usuario: Paciente

Nombre historia: Visualizador de documentos en PDF

Prioridad de negocio: Alta

Riesgo en desarrollo: media

Puntos estimados: 3

Interacción asignada: 3

Programadores responsables: Santiago Collaguazo, Eddy Chiriboga

Descripción:

- Como paciente deseo visualizar la “Guía de convivencia con una persona contagiada de Coronavirus Cov-19” para estar preparado ante un posible contagio.
 - Como paciente deseo visualizar los términos y condiciones del aplicativo para estar informado sobre las políticas de uso de la información registrada.
-

Validación:

- El aplicativo móvil mostrará únicamente los documentos en formato PDF.
-

Nota. Esta tabla muestra la historia de usuario CL-010 del aplicativo móvil, la cual contiene las funciones y criterios de la Visualización de documentos PDF.

Tabla 12*Historia de usuario de Videollamadas*

Historias de Usuario	
Número: CL-0011	Usuario: Paciente
Nombre historia: Videollamada	
Prioridad de negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: media
Puntos estimados: 8	Interacción asignada: 3
Programadores responsables: Santiago Collaguazo, Eddy Chiriboga	
Descripción:	
<ul style="list-style-type: none"> • Como paciente quiero participar en videollamadas para poder recibir asesoría médica con el personal de salud y comunicarle mi estado de salud actual. • Como paciente deseo conocer los datos del personal de salud que está atendiendo la llamada para poder interactuar con el mismo. • Como paciente deseo tener las siguientes opciones en la videollamada: silenciar micrófono, cambiar cámara y finalizar, para mejorar la experiencia de uso de la asesoría médica. • Como paciente deseo tener un apartado con el registro de notificaciones de videollamadas para visualizar el historial de las mismas. 	
Validación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El aplicativo móvil mostrará el registro de notificaciones de videollamadas del usuario en la sesión actual. • El aplicativo móvil permitirá el acceso únicamente a la sala abierta por el personal de salud. 	

Nota. Esta tabla muestra la historia de usuario CL-011 del aplicativo móvil, la cual contiene las funciones y criterios de Videollamadas.

3.3.4.2 Sprint backlog.

Figura 16

Sprint backlog - Sprint N°3

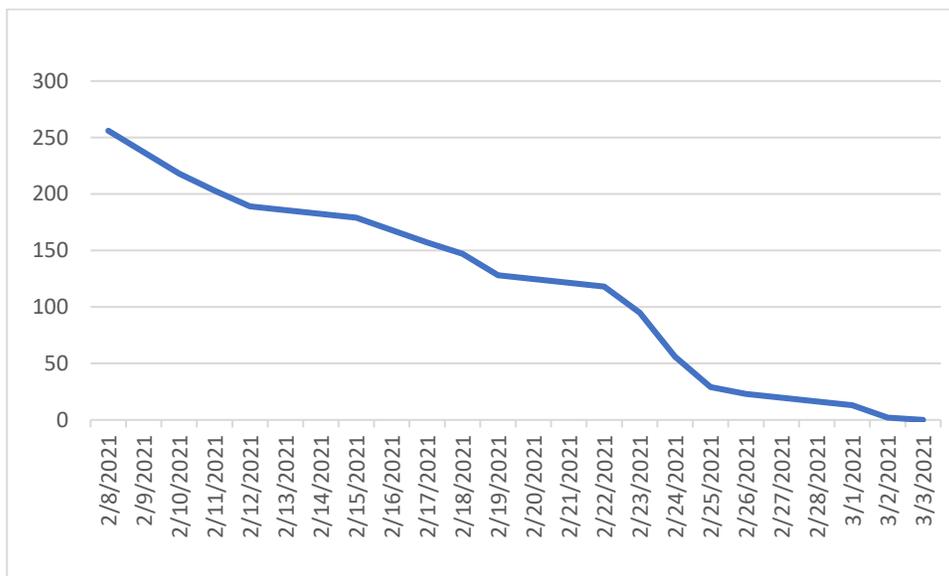
Sprint	Inicio	Fin	Jornada	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X
3	8/2/2021	3/3/2021	8 horas	8/2/2021	9/2/2021	10/2/2021	11/2/2021	12/2/2021	15/2/2021	16/2/2021	17/2/2021	18/2/2021	19/2/2021	22/2/2021	23/2/2021	24/2/2021	25/2/2021	26/2/2021	1/3/2021	2/3/2021	3/3/2021
Tareas Pendientes				19	19	19	18	18	16	14	13	13	13	11	10	7	6	5	5	2	0
Horas Pendientes				256	237	218	203	189	179	168	157	147	128	118	95	56	29	23	13	2	0
Backlog	Tarea	Categoría	Responsable	Estimado (Horas)	Estado	Esfuerzo															
CL-009	Configuración de FCM (Firebase Cloud Messaging)	Codificación	Sebastián Chiriboga	10	Finalizado	10	4	2													
CL-009	Obtener token del dispositivo	Codificación	Santiago Collaguazo	12	Finalizado	12	10	8	4	1											
CL-009	Recibir notificaciones (onBackground, onMessage, onOpenApp)	Codificación	Sebastián Chiriboga	16	Finalizado	16	16	10	7	5	1										
CL-009	Mostrar notificación en el dispositivo móvil	Codificación	Santiago Collaguazo	16	Finalizado	16	14	10	8	2	1										
CL-009	Navegación entre la notificación y el aplicativo	Codificación	Sebastián Chiriboga	16	Finalizado	16	12	8	4	1											
CL-009	Prueba del requerimiento	Pruebas	Santiago Collaguazo	10	Finalizado	10	5	4	4	4	1	1									
CL-010	Almacenar documentos pdf en el aplicativo	Codificación	Sebastián Chiriboga	10	Finalizado	10	10	10	10	10	10	8	5	4	2	1					
CL-010	Investigar el paquete advance_pdf_viewer en Flutter	Investigación	Santiago Collaguazo	12	Finalizado	12	12	12	12	12	12	10	8	5	1						
CL-010	Vista para visualización de pdf	Codificación	Sebastián Chiriboga	8	Finalizado	8	8	8	8	8	8	5	3	2	1						
CL-010	Lectura y visualización de pdf en la vista	Codificación	Santiago Collaguazo	12	Finalizado	12	12	12	12	12	12	10	8	4	2	1	1				
CL-010	Prueba del requerimiento	Pruebas	Sebastián Chiriboga	6	Finalizado	6	6	6	6	6	6	6	5	4	2	2	1				
CL-011	Investigar servicios de videollamadas compatibles con Flutter	Investigación	Santiago Collaguazo	16	Finalizado	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	8	4	1			
CL-011	Configuración de los servicios de Agora.io	Codificación	Sebastián Chiriboga	16	Finalizado	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	4	1			
CL-011	Investigación del paquete de Agora.io en Flutter	Investigación	Santiago Collaguazo	16	Finalizado	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	10	1				
CL-011	Permisos de cámara y micrófono en el dispositivo móvil	Codificación	Sebastián Chiriboga	16	Finalizado	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	14	7	4	2	1	
CL-011	Permitir al usuario unirse a salas de videollamada	Codificación	Santiago Collaguazo	16	Finalizado	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	14	5	7	5	1	
CL-011	Unirse a videollamadas a través de notificaciones (FCM)	Codificación	Sebastián Chiriboga	16	Finalizado	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	10	8	4	2	1	
CL-011	Controles de videollamada para el usuario	Codificación	Santiago Collaguazo	16	Finalizado	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	10	5	4	2	
CL-011	Prueba del requerimiento	Pruebas	Sebastián Chiriboga	16	Finalizado	16	16	16	16	16	16	16	16	16	14	14	12	10	8	4	1

Nota. Esta imagen muestra la lista de tareas del Sprint N°3, además contiene la asignación de tareas a los miembros del equipo con su respectivo esfuerzo.

3.3.4.3 Burndown chart.

Figura 17

Burndown chart - Sprint N°3



Nota. El gráfico representa el progreso del Sprint N°3

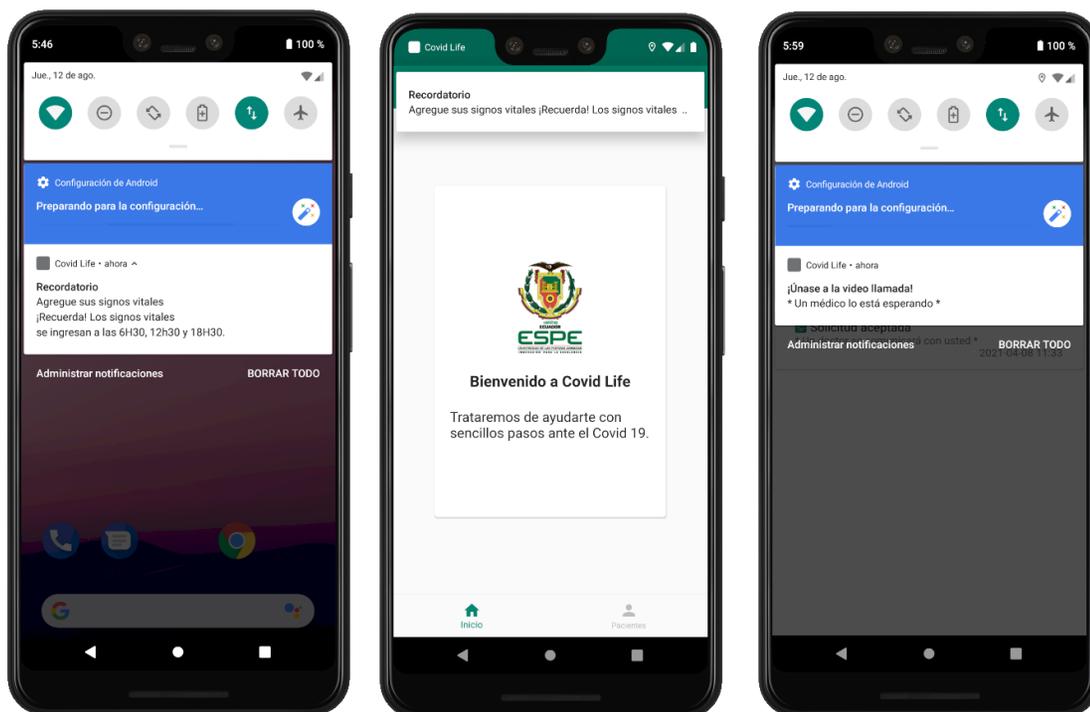
3.3.4.4 Presentación de artefactos.

Notificaciones push

Para que el paciente sea informado por parte del personal médico, se utilizó las notificaciones push de Firebase (FCM), las cuales permiten enviar pequeños mensajes al usuario con información para unirse a una sala de videollamada con el médico. Además, se programó en la consola de Firebase, él envió de tres notificaciones diariamente como recordatorio para el ingreso de seguimientos. Las notificaciones se pueden observar cuando el usuario está dentro del aplicativo y de igual manera cuando el aplicativo está cerrado o el dispositivo esté bloqueado.

Figura 18

Pantallas de notificaciones push



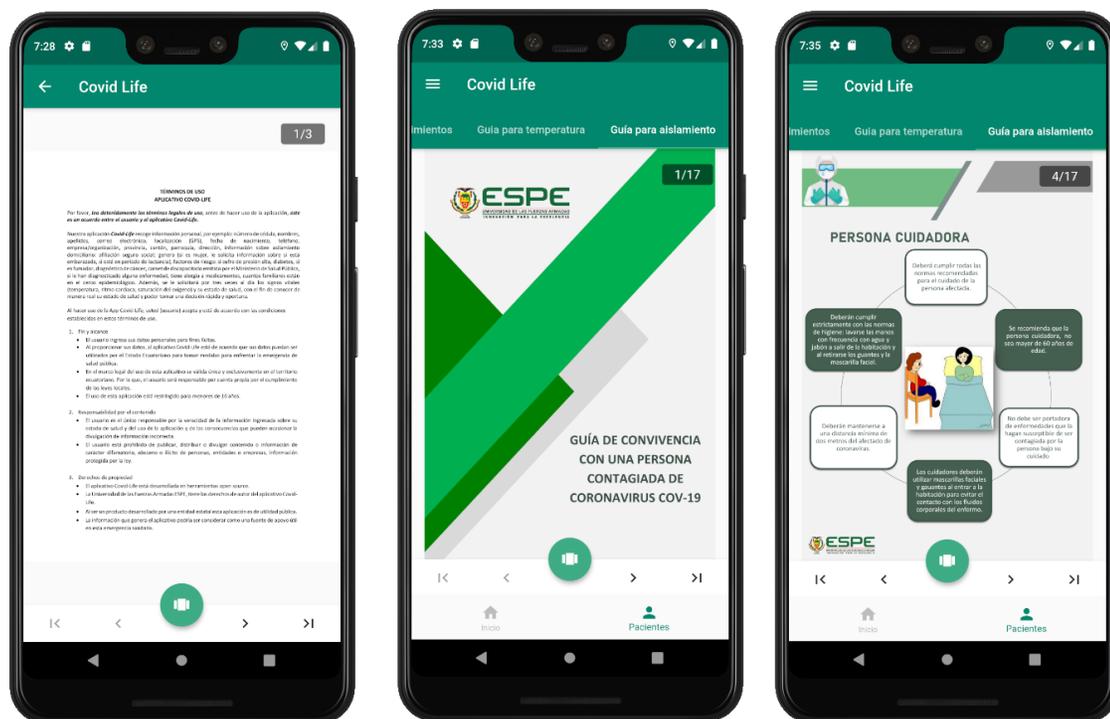
Nota. Capturas de pantalla de las notificaciones push. Para las capturas se utilizó el emulador de dispositivos Android.

Visualizador de documentos en PDF

Para observar la guía para aislamiento de una persona contagiada de Covid19 y el documento de términos de uso del aplicativo móvil, se implementó un visualizador de documento PDF.

Figura 19

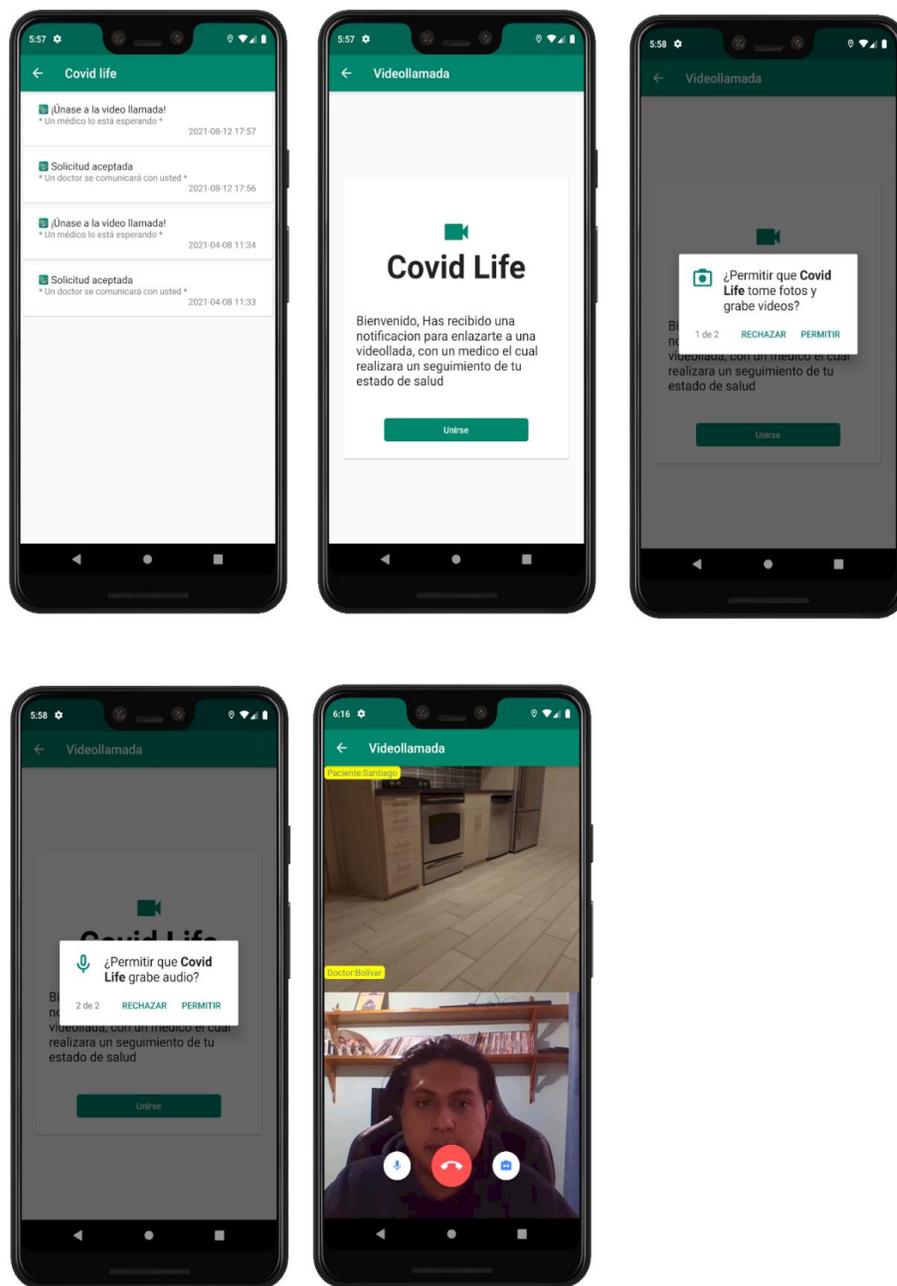
Pantallas de visualizador de documentos PDF



Nota. Capturas de pantalla del visualizador de documentos PDF. Para las capturas se utilizó el emulador de dispositivos Android.

Videollamada

El aplicativo móvil, permite al paciente comunicarse a través de una videollamada con el personal médico para informar sobre su estado de salud, además podrá realizar una asesoría médica, en caso de necesitarlo. Las videollamadas se pueden realizar gracias a Agora.io un servicio de videoconferencia con capa gratuita, amplia documentación y de fácil integración con Flutter.

Figura 20*Pantalla de videollamada*

Nota. Capturas de pantalla de los permisos del dispositivo y una videollamada en ejecución. Para las capturas se utilizó el emulador de dispositivos Android

Capítulo IV

4. Validación

4.1 Introducción

El aplicativo móvil se implementó en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (entorno real). En el proyecto participaron el personal administrativo y militar que asiste de forma presencial a las instalaciones de la universidad y empezó a recoger datos desde el 9 de abril del 2021 hasta el 13 de mayo del 2021.

Para la validación del proyecto de investigación se contó con la ayuda del médico de la institución, quien aportó con su conocimiento para poder depurar el sistema a través de recomendaciones, para la recopilación de información (seguimientos) y acercamiento (videollamadas) a los participantes que denominaremos como “pacientes”. Al seguir las recomendaciones médicas, se realizaron pruebas de la funcionalidad del aplicativo las cuales serán verificadas a través de listas de chequeo. La aplicación registró 79 usuarios de los cuales se tomaron en consideración 55 sujetos de estudio para realizar los seguimientos en salud, quienes todavía no se contagiaron de COVID-19. Los participantes del proyecto fueron capacitados para la correcta utilización del aplicativo, adiestrándoles de la forma correcta de registrar sus seguimientos, en donde tenían que enviar información acerca de (temperatura, ritmo cardíaco, saturación de oxígeno) su evolución y síntomas (breve descripción de su estado de salud) de forma diaria. Para la evaluación de los registros diarios participó el personal médico de la Institución, cuya actividad fue evaluar de forma permanente los signos y síntomas que podrían determinar posibles casos de contagio de COVID-19 para la toma de decisiones respectivas y cortar la cadena de contagio del virus. Con la información que se obtuvo del aplicativo se realizaron una serie de análisis sobre esta información, como las series de tiempo (promedios móviles o PM), análisis de comportamiento Kmeans, mapas de calor y encuestas de satisfacción del uso del aplicativo tanto a los pacientes como a los profesionales de la salud.

Para poder realizar los seguimientos se entregaron equipos biomédicos (oxímetro de pulso) a 55 pacientes, la información obtenida de la aplicación fue utilizada para realizar análisis sobre el comportamiento de la enfermedad COVID-19, estos datos fueron depurados, razón por la cual se tomó en cuenta a un número determinado de

pacientes para realizar el análisis de este estudio, estos participantes fueron los que realizaron los seguimientos de manera continua durante 25 días (25 seguimientos).

Cabe mencionar que el proceso de validación se realizó en forma conjunta con el experto médico sobre el análisis de los datos y los mapas de calor, los mismos que están en concordancia con el criterio del experto médico.

4.2 Pruebas

En esta sección se presentan las pruebas hechas al aplicativo móvil que validan a los requerimientos del proyecto a través de listas de chequeo, estas pruebas surgen en respuesta al problema que se definió en el capítulo 1, las pruebas fueron realizadas en base a los criterios de aceptación que se establecieron con el médico de la institución y que fueron presentadas en las historias de usuario.

Tabla 13

Lista de Chequeo N°1 - Cuestionario virtual de COVID-19

Lista de chequeo		
Historia de Usuario CL-001: Como administrador deseo realizar un cuestionario virtual sobre los síntomas de la COVID-19 a los posibles usuarios para restringir el registro al aplicativo		
Criterio de Aceptación	Si	No
El aplicativo móvil no permitirá el registro de usuarios si obtienen de 0 a 2 puntos en el cuestionario y lo categoriza como “no sospechoso”.	X	
El aplicativo móvil permitirá el registro de usuarios si obtienen de 3 a 4 puntos en el cuestionario y los categoriza como “baja sospecha”.	X	
El aplicativo móvil permitirá el registro de usuarios si obtienen de 5 a 7 puntos en el cuestionario y los categoriza como “alta sospecha”.	X	
El aplicativo móvil permitirá el registro de usuarios si obtienen de 8 a 17 puntos en el cuestionario y los categoriza como “atención médica urgente”.	X	

Nota: Esta tabla muestra los criterios de aceptación validados en la lista de chequeo número 1 sobre el Cuestionario virtual de COVID-19.

Tabla 14

Lista de Chequeo N° 2 - Registro de datos del paciente para inicio de sesión

Lista de chequeo		
Historia de Usuario CL-002: Como paciente deseo registrar nombres, apellidos, cédula ecuatoriana, correo electrónico y una contraseña, para tener acceso al aplicativo.		
Criterio de Aceptación	Si	No
El aplicativo móvil validará los campos vacíos.	X	
El aplicativo móvil validará el ingreso correcto del número de cédula ecuatoriana	X	
El aplicativo móvil validará el formato del correo electrónico.	X	
El aplicativo móvil validará el número de caracteres máximos según el campo.	X	
El aplicativo móvil validará que se ingresen mínimo 6 caracteres en la contraseña.	X	
El aplicativo móvil validará la existencia del número de cédula, para evitar duplicidad de pacientes.	X	

Nota. Esta tabla muestra los criterios de aceptación validados en la lista de chequeo número 2 sobre el Registro de datos del paciente para inicio de sesión.

Tabla 15

Lista de Chequeo N° 3 - Registro de datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo.

Lista de chequeo		
Historia de Usuario CL-003: Como paciente deseo registrar mis datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo para informar al equipo de salud.		
Criterio de Aceptación	Si	No
El aplicativo móvil validará los campos vacíos.	X	
El aplicativo móvil solo permitirá el ingreso de pacientes mayores a 16 años.	X	
El aplicativo móvil mostrará los antecedentes ginecológicos a pacientes de género femenino.	X	

Nota. Esta tabla muestra los criterios de aceptación validados en la lista de chequeo número 3 sobre el Registro de datos demográficos, antecedentes ginecológicos y factores de riesgo.

Tabla 16

Lista de Chequeo N°4 – Geolocalización

Lista de chequeo		
Historia de Usuario CL-004: Como administrador deseo que los usuarios registren su ubicación de forma imperceptible para monitorear su geolocalización.		
Criterio de Aceptación	Si	No
El aplicativo móvil validará los permisos a la ubicación del dispositivo.	X	
El aplicativo móvil verifica que esté encendido la ubicación del dispositivo.	X	

Nota. Esta tabla muestra los criterios de aceptación validados en la lista de chequeo número 4 sobre la Geolocalización.

Tabla 17*Lista de Chequeo N°5 - Visualización de datos del paciente*

Lista de chequeo		
Historia de Usuario CL-005:		
Como paciente deseo visualizar mi perfil de usuario para comprobar la información ingresada.		
Criterio de Aceptación	Si	No
El aplicativo móvil mostrará los datos del usuario en la sesión actual.	X	

Nota. Esta tabla muestra los criterios de aceptación validados en la lista de chequeo número 5 sobre la Visualización de datos del paciente.

Tabla 18*Lista de Chequeo N°6 - Inicio de sesión*

Lista de chequeo		
Historia de Usuario CL-006:		
Como paciente deseo iniciar sesión ingresando el correo electrónico y la contraseña para tener acceso al sistema, además deseo mantener la sesión hasta que decida cerrarla para facilidad de uso del aplicativo.		
Criterio de Aceptación	Si	No
El aplicativo móvil validará los campos vacíos.	X	
El aplicativo móvil validará el formato del correo electrónico.	X	
El aplicativo móvil validará que se ingresen mínimo 9 caracteres en la contraseña.	X	
El aplicativo móvil validará que las credenciales (correo electrónico y contraseña) sean correctas.	X	

Lista de chequeo	
El aplicativo móvil validará las credenciales almacenadas.	X

Nota: Esta tabla muestra los criterios de aceptación validados en la lista de chequeo número 6 sobre el Inicio de sesión.

Tabla 19

Lista de Chequeo N°7 - Registro de seguimientos

Lista de chequeo	
Historia de Usuario CL-007: Como paciente deseo registrar seguimientos con la siguiente información: temperatura, saturación de oxígeno, ritmo cardiaco, estado de salud, dificultad para respirar, solicitar videollamada, descripción detallada del estado de salud para informar al personal de salud.	
Criterio de Aceptación	Si No
El aplicativo móvil validará los campos vacíos.	X
El aplicativo móvil permitirá enviar máximo tres seguimientos al día.	X
El aplicativo móvil validará el ingreso de número en el caso de temperatura, frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno.	X
El aplicativo móvil validará el rango de la temperatura (36 °C - 40 °C)	X
El aplicativo móvil validará el rango de la frecuencia cardiaca (65 bpm - 100 bpm)	X
El aplicativo móvil validará el rango de la saturación de oxígeno (84 %SpO2 - 100SpO2)	

Nota. Esta tabla muestra los criterios de aceptación validados en la lista de chequeo número 7 sobre el Registro de seguimientos.

Tabla 20*Lista de Chequeo N°8 - Visualización de Seguimientos*

Lista de chequeo		
Historia de Usuario CL-008: Como paciente deseo visualizar los seguimientos registrados en el día para comprobar la información ingresada.		
Criterio de Aceptación	Si	No
El aplicativo móvil muestra los seguimientos del usuario en la sesión actual.	X	

Nota. Esta tabla muestra los criterios de aceptación validados en la lista de chequeo número 8 sobre la Visualización de seguimientos.

Tabla 21*Lista de Chequeo N°9 - Notificaciones push*

Lista de chequeo		
Historia de Usuario 9:		
Como paciente deseo recibir notificaciones push para recordar el ingreso de los seguimientos en el día, además deseo recibir notificaciones push para poder unirme a la videollamada solicitada.		
Criterio de Aceptación	Si	No
El aplicativo móvil recibirá las notificaciones push cuando esté abierto o en segundo plano el aplicativo.	X	

Nota. Esta tabla muestra los criterios de aceptación validados en la lista de chequeo número 9 sobre las Notificaciones push.

Tabla 22*Lista de Chequeo N°10 - Visualizador de documentos PDF*

Lista de chequeo		
Historia de Usuario 10:		

Lista de chequeo		
Como paciente deseo visualizar la “Guía de convivencia con una persona contagiada de Coronavirus Cov-19” para estar preparado ante un posible contagio, también deseo visualizar los términos y condiciones del aplicativo para estar informado sobre las políticas de uso de la información registrada.		
Criterio de Aceptación	Si	No
El aplicativo móvil muestra únicamente los documentos en formato PDF.	X	

Nota. Esta tabla muestra los criterios de aceptación validados en la lista de chequeo número 10 sobre la Visualizador de documentos PDF.

Tabla 23

Lista de Chequeo N°11 - Videollamada

Lista de chequeo		
Historia de Usuario 11:		
<ul style="list-style-type: none"> • Como paciente quiero participar en videollamadas para poder recibir asesoría médica con el personal de salud y comunicarle mi estado de salud actual. • Como paciente deseo conocer los datos del personal de salud que está atendiendo la llamada para poder interactuar con el mismo. • Como paciente deseo tener las siguientes opciones en la videollamada: silenciar micrófono, cambiar cámara y finalizar, para mejorar la experiencia de uso de la asesoría médica. • Como paciente deseo tener un apartado con el registro de notificaciones de videollamadas para visualizar el historial de las mismas. 		
Criterio de Aceptación	Si	No
El aplicativo móvil mostrará el registro de notificaciones de videollamadas del usuario en la sesión actual.	X	
El aplicativo móvil permitirá el acceso únicamente a la sala abierta por el personal de salud.	X	

Nota. Esta tabla muestra los criterios de aceptación validados en la lista de chequeo número 11 sobre la Videollamada.

De acuerdo con los resultados obtenidos de las listas de chequeo se puede indicar que las historias de usuario fueron desarrolladas y cumplen con los criterios de aceptación en su totalidad por lo que se puede decir que el desarrollo de la aplicación móvil fue realizado con éxito.

4.3 Análisis de resultados

A través de la recopilación de datos del aplicativo móvil sobre los seguimientos de los pacientes, se pretende realizar un análisis de información utilizando series de tiempo, con el objetivo de comparar la evolución de la enfermedad de casos que dieron positivo al COVID-19, con respecto a los pacientes con sospecha de estar infectados. Además, se utilizarán las series de tiempo con promedios móviles para predecir la evolución de signos vitales con sospecha de portar la enfermedad. Haremos uso también de la técnica de aprendizaje K-means, la cual trabaja con los seguimientos de los pacientes como características para determinar un posible indicio del comportamiento de la enfermedad. Además, a través de la localización de seguimientos que se realizaron en una locación en específico se generan mapas de calor. Por último, se presentará el resultado de las encuestas de satisfacción del uso del aplicativo móvil a los participantes del proyecto.

Selección de pacientes para los análisis

Tabla 24

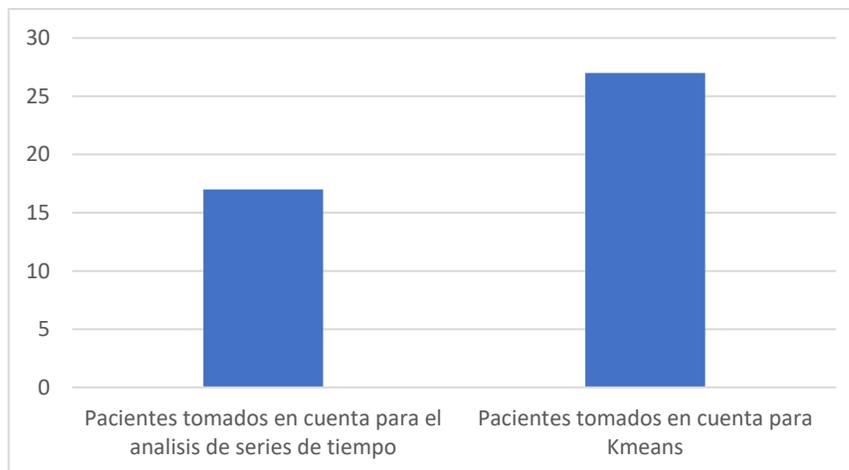
Tabla resumen sobre la selección de pacientes para los análisis

	N° pacientes	N° seguimientos	% cumplimiento	% pacientes
Pacientes tomados en cuenta para el análisis de series de tiempo	17	> = 30	85,71	30.9%
Pacientes tomados en cuenta para Kmeans	27	> =25	71,42	49.09%

Nota. Esta tabla muestra un resumen sobre la selección de los pacientes para los diferentes análisis teniendo en cuenta el número de seguimientos enviados.

Figura 21

Gráfica de barras - Selección de pacientes para los análisis



Nota. La figura muestra el número de pacientes seleccionados para los diferentes análisis.

Para la selección del número de pacientes se tuvo en cuenta el número de seguimiento completos con observaciones enviados en el periodo de 35 días, como se observa en la tabla 24, se dividieron de en dos grupos:

- El primer grupo conformado por 17 pacientes, envió 30 o más seguimientos durante el periodo de ejecución del aplicativo, es decir, tuvo un cumplimiento del 85.71% al 100%, por lo tanto, al tener un porcentaje alto de cumplimiento se les tomo en cuenta para el análisis de serie de tiempo.
- El segundo grupo conformado por 27 paciente, envió 25 o más seguimientos durante el periodo de ejecución del aplicativo, es decir, tuvo un cumplimiento del 71,42% al 100%, por lo tanto, al tener un porcentaje aceptable de cumplimiento se les tomo en cuenta para el análisis de K-means y las encuestas de satisfacción de usuario.

Casos de COVID-19

Tabla 25

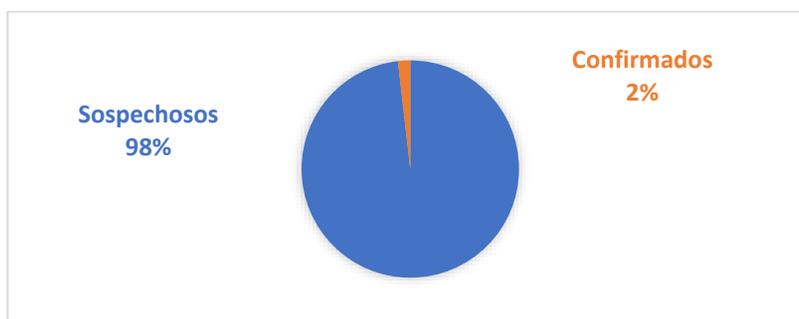
Casos de COVID-19

Estado	N° Pacientes
Sospechosos	54
Confirmados	1
Total	55

Nota. La tabla muestra los casos sospechosos y confirmados de COVID-19 durante el periodo de ejecución del proyecto.

Figura 22

Casos de COVID-19



Nota. La figura muestra los casos sospechosos y confirmados de COVID-19 durante el periodo de ejecución del proyecto.

En la figura 22, se muestra un diagrama circular con el porcentaje de sospechosos y confirmados de COVID-19, cabe mencionar que, por criterios del experto se toma como sospechosos a todas las personas registradas en el sistema. Por lo tanto, el 98% de personas son sospechosas y únicamente el 2% fue confirmado con COVID-19.

4.3.1 **Análisis de series de tiempo**

A continuación, se realiza un análisis comparativo de los seguimientos proporcionados por el aplicativo móvil a través de gráficas de series de tiempo, esto se hace para ver que signos vitales tienen valores parecidos a los de una persona que

porta el virus COVID-19 en un grupo de personas, la información obtenida es de un corte que empieza en el mes de abril y finaliza el mes de mayo.

Para realizar el análisis de resultados, se tomará en cuenta dos consideraciones:

- a. La información obtenida por una persona que contrajo el virus (denominado: PACIENTE CERO) revisar prueba de confirmación en el anexo 1. Este paciente tendrá la oportunidad de seguir un tratamiento médico evitando que su enfermedad progrese y en consecuencia llegar a ser internado en una cama UCI en el hospital, esto se reflejó en los datos obtenidos mediante sus signos vitales. Los datos tomados para realizar el análisis son del periodo en que el paciente cero empezó con la enfermedad hasta el día en que se le concedió el alta médica.
- b. La información de pacientes que manifestaron alteraciones en alguno de sus signos vitales presentando sospecha de ser portador del virus. Los datos para el análisis serán tomados a partir del momento en que sus signos vitales sufran alguna alteración notable.

Luego de una depuración de información, se determinó que 17 pacientes realizaron los seguimientos completos desde que inició el programa hasta que se obtuvo el corte de información para el análisis respectivo, posterior a esto se realizaron las comparaciones con todos los pacientes, de los cuales se seleccionó a 2 participantes que tuvieron alteraciones en sus signos vitales y registraron alguna sintomatología.

Variables

Las variables con las cuales se analizan las series de tiempo son:

1. Temperatura (grados centígrados o °C)
2. Ritmo Cardíaco (bits por minuto o bpm)
3. Saturación de Oxígeno (SpO₂)
4. Fecha del seguimiento

Tabla 26

Indicadores de parámetros normales, sospechosos y confirmados sobre los signos vitales

Temperatura		Ritmo Cardíaco		Sat.Oxígeno
37 < Temperatura	69	Ritmo cardíaco ≤	85	92 ≥
≤37,4				Sat.Oxígeno ≤ 99
37,5 ≥	90	70 ≥ Ritmo	85	86 ≥
Temperatura ≤ 37,9		Cardíaco ≤ 89		Sat.Oxígeno ≤ 91
Temperatura >38	90	Ritmo cardíaco >	85	Sat.Oxígeno <

Normal
Sospechoso
Confirmado

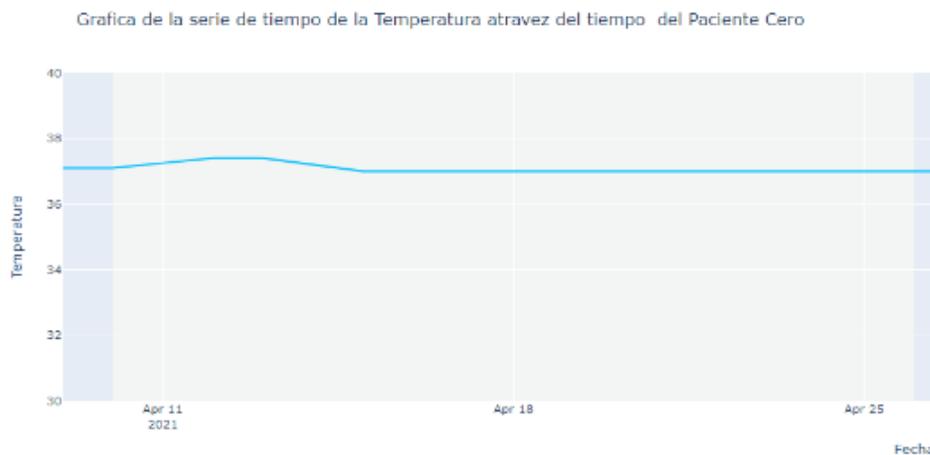
Nota. Esta tabla muestra los rangos máximos y mínimos de signos vitales para medir el estado de salud de un paciente

En primer lugar, se analiza los datos de las gráficas del paciente cero en su periodo de infección, empezando por su temperatura, saturación de oxígeno y ritmo cardíaco, para luego compararlos con los datos de los pacientes que tienen sospecha de portar la enfermedad, para al final realizar un análisis general.

En las siguientes gráficas se observarán los signos vitales del paciente cero en su periodo de enfermedad el cual empieza el 10 de abril del 2021 hasta el 26 de abril del 2021 momento en el que fue dado de alta, esta región será pintada de color blanco mientras que los seguimientos de los signos vitales como la temperatura, saturación de oxígeno y ritmo cardíaco formaran una línea de color celeste:

Figura 23

Gráfica de la serie de tiempo de la temperatura del paciente cero



Nota. Esta gráfica muestra una serie de tiempo sobre la temperatura del paciente cero durante su periodo de enfermedad.

Figura 24

Gráfica de series de tiempo de la saturación de oxígeno del paciente cero



Nota. Esta gráfica muestra una serie de tiempo sobre la saturación de oxígeno del paciente cero durante su periodo de enfermedad.

Figura 25

Gráfica de series de tiempo del ritmo cardíaco del paciente cero



Nota. Esta gráfica representa una serie de tiempo el ritmo cardíaco del paciente cero en su periodo de enfermedad.

Interpretación

La enfermedad del paciente cero empezó el 10 de abril y duró hasta el 26 de abril.

Según la figura 23, al iniciar la enfermedad el paciente registro 37.1 °C, para el día 13 de abril presentó un máximo de 37.4°C, al finalizar el periodo de la enfermedad alcanzaría los 37°C, cabe recalcar que al recibir un tratamiento médico no se ve una variación considerable de este signo vital.

En la figura 24, al iniciar la enfermedad el paciente registro 94 %SpO2 de saturación, el día 15 de abril registraría 97 %SpO2 de saturación máxima, el 16 de abril sufre un desplome en su saturación con 86 %SpO2 de saturación, razón por la cual presentó dificultades para respirar, esto debido a que la enfermedad empezó a comprometer sus pulmones, los días posteriores el paciente empezó a utilizar oxígeno y a realizar fisioterapia lo que le permitió subir su saturación, el día en que el paciente cero fue dado de alta su saturación máxima sería de 90 %SpO2 encontrándose dentro de los parámetros normales.

En la figura 25, al iniciar la enfermedad el paciente registró 70 bpm, el 16 de abril registraría 87 bpm como ritmo cardíaco máximo, el día 24 de abril empezaría a decrecer

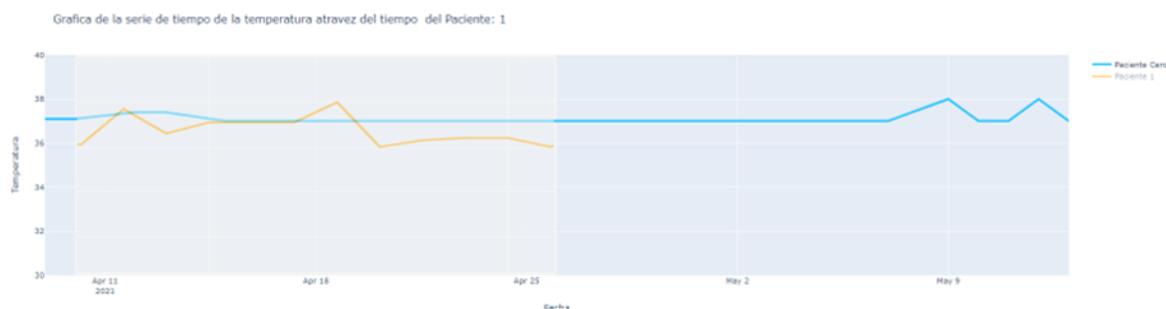
alcanzando los 65 bpm, para estabilizar este parámetro el paciente fue medicado, el día en que el paciente cero fue dado de alta su ritmo cardiaco alcanzaría los 73 bpm.

Paciente Sospechoso Uno

Se escogió al paciente sospechoso uno, debido a que su temperatura, saturación de oxígeno y ritmo cardiaco se encontraban en rangos sospechosos de acuerdo con los valores proporcionados por la tabla 26.

Figura 26

Gráfica de la serie de tiempo de la temperatura del paciente uno



Nota. Esta gráfica muestra la serie de tiempo de la temperatura del paciente uno a partir del 29 de abril hasta el 10 de mayo solapado con la serie de tiempo de la temperatura del paciente cero en su periodo de enfermedad.

Figura 27

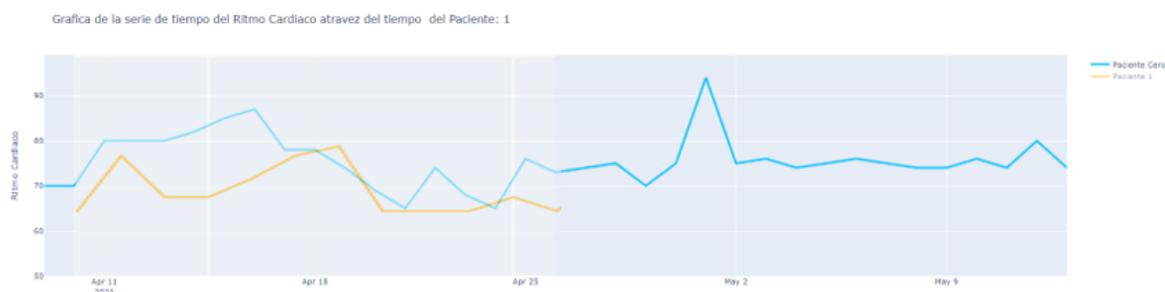
Gráfica de la serie de tiempo de la saturación de oxígeno del paciente uno



Nota. Esta gráfica muestra la serie de tiempo de la saturación de oxígeno del paciente uno a partir del 29 de abril hasta el 10 de mayo solapado con la serie de tiempo de la saturación de oxígeno del paciente cero en su periodo de enfermedad.

Figura 28

Gráfica de la serie de tiempo del ritmo cardíaco del paciente uno



Nota. Esta gráfica muestra la serie de tiempo del ritmo cardíaco del paciente uno a partir del 29 de abril hasta el 10 de mayo solapado con la serie de tiempo del ritmo cardíaco del paciente cero en su periodo de enfermedad.

Tabla 27

Tabla de las temperaturas máximas y mínimas del paciente uno

Fecha	Temp. Máxima	Diagnóstico	Fecha	Temp. Mínima	Diagnóstico
05/05/2021	38 °C		29/04/2021	36.1°C	

Nota. Esta tabla muestra las fechas en la que el paciente uno alcanzó una temperatura máxima y mínima junto a sus diagnósticos.

Tabla 28

Tabla de las saturaciones máximas y mínimas.

Fecha	Sat. Oxígeno Máxima	Diagnóstico	Fecha	Sat. Oxígeno Mínima	Diagnóstico
07/05/2021	96 SpO2		10/05/2021	86 SpO2	

Nota. Esta tabla muestra las fechas en la que el paciente uno alcanzó una saturación de oxígeno máxima y mínima junto a sus diagnósticos.

Tabla 29

Tabla del ritmo cardíaco máximo y mínimo

Fecha	Ritmo Cardíaco Máxima	Diagnóstico	Fecha	Ritmo Cardíaco Mínima	Diagnóstico
10/05/2021	79		29/04/2021	65	

Nota. Esta tabla muestra las fechas en las que el paciente uno alcanzó un ritmo cardíaco máximo y mínimo junto a sus diagnósticos.

Interpretación

De los resultados obtenidos y para lograr una mejor comparación entre el paciente uno y el paciente cero se tomará como referencia el intervalo de tiempo en el que sus signos vitales empieza a tener alteraciones significativas. El periodo de tiempo para el análisis se traslapo al 29 de abril hasta el 10 de mayo.

De acuerdo con la figura 26, el paciente inició con una temperatura de 36.1°C, se observa un incremento para el 30 de abril alcanzando 37°C, el 1 de mayo descendería a los 36.6°C, para el 5 de mayo alcanzaría su punto máximo de 38°C, luego su temperatura disminuiría hasta los 36°C y se mantendría este rango hasta el final del periodo de análisis.

En la figura 27, el paciente inició con una saturación de oxígeno de 94 SpO₂, la saturación máxima ocurrió el 7 de mayo y fue de 96 %SpO₂ y la saturación mínima fue de 86 %SpO₂ hasta el final del periodo de análisis.

En la figura 28, el paciente inició con un ritmo cardíaco de 65 bpm, se observa que va aumentando hasta alcanzar un máximo de 79 bpm el 5 de mayo, su ritmo cardíaco se va reduciendo hasta alcanzar los 65 bpm hasta el final del periodo de análisis.

Análisis

De acuerdo con la información proporcionada por el paciente cero en su etapa de enfermedad y la tabla que nos muestra los rangos en los que los signos vitales son considerados normales o sospechosos se puede hacer una comparación con los valores de los seguimientos del paciente uno, estos son de 38°C como valor máximo de

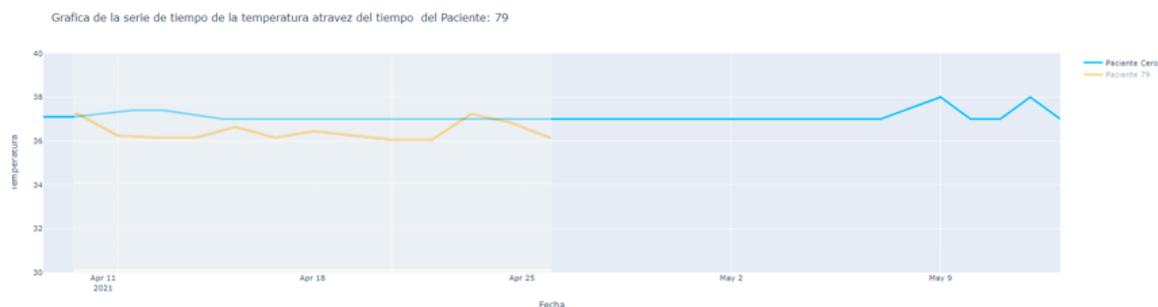
temperatura, 86 So2 como valor mínimo de saturación de oxígeno y como valor máximo de 79 bpm en el ritmo cardiaco, se observa que el paciente al tener una temperatura que está en el rango de sospecha y una saturación baja junto a un ritmo cardiaco bajo, este podría estar contagiado con el virus, pero para confirmar este análisis se tendría que realizar una prueba PCR ya que actualmente es el método más seguro para determinar si es un caso positivo para COVID-19.

Paciente Sospechoso número Setenta y nueve

Se escogió al paciente sospechoso uno, debido a que su temperatura, saturación de oxígeno y ritmo cardiaco se encontraban en rangos sospechosos de acuerdo con los valores proporcionados por la tabla 26.

Figura 29

Gráfica de la serie de tiempo de la temperatura del paciente sesenta y nueve



Nota. Esta gráfica muestra la serie de tiempo de la temperatura del paciente sospechoso setenta y nueve a partir del 10 de abril hasta el 26 de abril solapada con la serie de tiempo de la temperatura del paciente cero en su periodo de enfermedad.

Figura 30

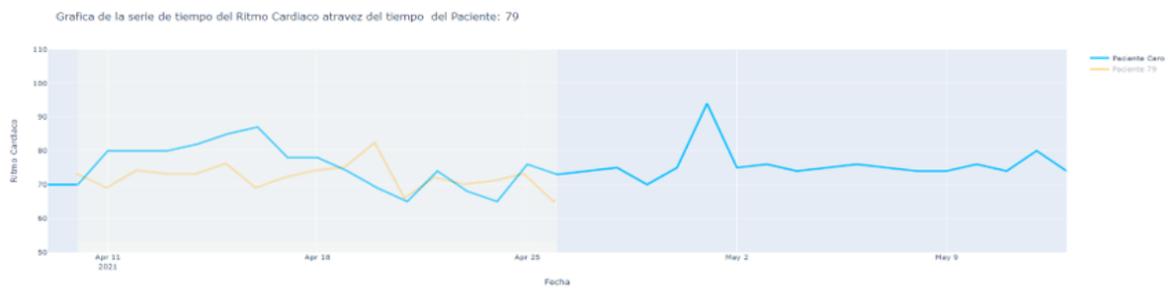
Gráfica de la serie de tiempo de la saturación de oxígeno del paciente sesenta y nueve



Nota. Esta gráfica muestra la serie de tiempo de saturación de oxígeno del paciente sospechoso setenta y nueve a partir del 10 de abril hasta el 26 de abril solapada con la serie de tiempo de la temperatura del paciente cero en su periodo de enfermedad.

Figura 31

Gráfica de la serie de tiempo del ritmo cardíaco del paciente setenta y nueve



Nota: Esta gráfica muestra la serie de tiempo del ritmo cardíaco del paciente sospechoso setenta y nueve a partir del 10 de abril hasta el 26 de abril solapada con la serie de tiempo de la temperatura del paciente cero en su periodo de enfermedad.

Tabla 30

Tabla de la Temperatura máximo y mínima del paciente setenta y nueve con su diagnóstico

Fecha	Temp. Máxima	Diagnóstico	Fecha	Temp. Mínima	Diagnóstico
10/04/2021	37.2°C		19/04/2021	36°C	

Nota. Esta tabla muestra las fechas en las que el paciente sospechoso setenta y nueve alcanzó una temperatura máxima y mínima junto a sus diagnósticos.

Tabla 31

Tabla de las saturaciones máximas y mínimas

Fecha	Sat. Oxígeno Máxima	Diagnóstico	Fecha	Sat. Oxígeno Mínima	Diagnóstico
15/04/2021	98 SpO2		10/04/2021	86 SpO2	

Nota. Esta tabla muestra las fechas en las que el paciente sospechoso setenta y nueve alcanzó una saturación de oxígeno máxima y mínima junto a sus diagnósticos.

Tabla 32

Tabla del ritmo cardíaco máximo y mínimo

Fecha	Ritmo Cardíaco Máxima	Diagnóstico	Fecha	Ritmo Cardíaco Mínima	Diagnóstico
20/04/2021	82 bpm		26/04/2021	65 bpm	

Nota. Esta tabla muestra las fechas en las que el paciente sospechoso setenta y nueve alcanzó una temperatura máxima y mínima junto a sus diagnósticos.

Interpretación

De los resultados obtenidos y para lograr una mejor comparación entre el paciente setenta y nueve con el paciente cero se tomará como referencia el intervalo de

tiempo en el que sus signos vitales muestran alteraciones, el periodo de tiempo se traslapa al 10 de abril hasta el 26 de abril.

De acuerdo con la figura 29, el paciente inició con una temperatura de 37.2°C, el 13 de abril se observa una disminución hasta alcanzar una temperatura mínima de 36°C, su temperatura ya no bajaría más al contrario alcanzó un máximo de 37.2°C el 20 de abril, esta temperatura disminuiría hasta los 36°C al final del periodo de análisis.

En la figura 30, el paciente inició con una saturación de oxígeno de 86 %SpO₂ siendo esta su saturación mínima, se observó que su saturación empezaría a variar entre los 86 %SpO₂ y 98 %SpO₂ como valor máximo de saturación, para el final del periodo de análisis su saturación sería de 88 SpO₂.

En la figura 31, el paciente inició con un ritmo cardíaco de 73 bpm, este oscilaría entre 69 bpm y 75 bpm hasta alcanzar un máximo de 82 bpm el 20 de abril, se observa que su ritmo cardíaco empieza a disminuir hasta los 65 bpm como el valor mínimo para el final del periodo de análisis.

Análisis

De acuerdo con la información proporcionada por el paciente cero en su etapa de enfermedad y la tabla que nos muestra los rangos en los que los signos vitales son considerados normales o sospechosos se puede hacer una comparación con los valores de los seguimientos del paciente setenta y nueve, estos son de 37.2°C como valor máximo de temperatura, 86 %SpO₂ como valor mínimo de saturación de oxígeno y como valor mínimo de 62 bpm en el ritmo cardíaco, se observa observar que el paciente al tener un ritmo cardíaco que está en el rango de sospecha y una saturación baja podría estar contagiado con el virus, pero para confirmar este análisis se tendría que realizar una prueba PCR al paciente ya que actualmente este es el método más seguro para determinar si es un caso positivo para COVID-19.

Análisis de Series temporales con Promedios Móviles (PM)

A continuación, se realiza un análisis de series de tiempo utilizando los promedios móviles, esta técnica se usa para darle una mayor importancia a nuestro conjunto de datos al permitir conseguir un pronóstico sobre los signos vitales de un paciente con sospecha de portar la enfermedad y su comportamiento con respecto a los síntomas del paciente cero, dicho pronóstico indicaría si el paciente podría presentar

signos de contagio en el periodo en el que se tomó el corte de información. Ya que se trata de predecir el comportamiento de una serie de signos vitales lo haremos en un intervalo de tiempo específico, se tomará 7 y 14 días desde que inició el corte de información, esto se debe a que si el paciente tuvo contacto con una persona infectada el periodo de incubación del virus es de aproximadamente de 7 días o 14 días.

Paciente sospechoso uno

Temperatura promedio de siete días del paciente 1

Tabla 33

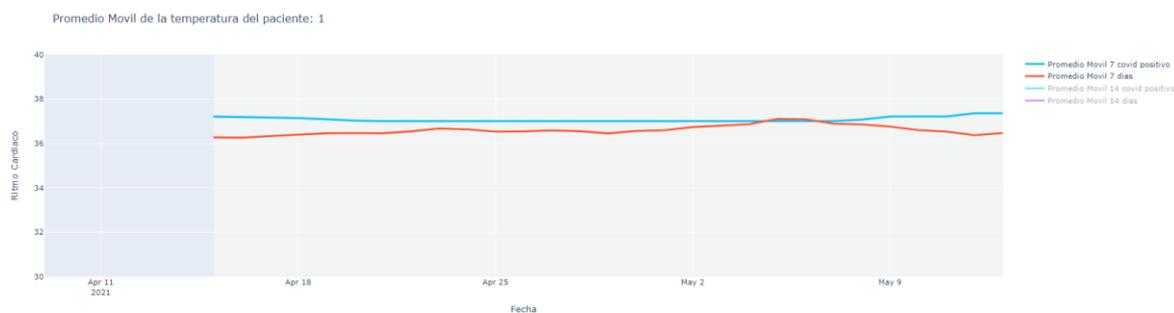
Tabla de temperatura promedio móvil de siete días

Fecha	Temp. Promedio Máxima	Diagnóstico	Fecha	Temp. Promedio Mínima	Diagnóstico
05/05/2021	37.1 °C		15/04/2021	36.27°C	

Nota. Esta tabla muestra las fechas en las que el paciente sospechoso uno alcanzó una temperatura promedio móvil máxima y mínima junto a sus diagnósticos.

Figura 32

Gráfica de la temperatura promedio de siete días del paciente uno



Nota. Esta gráfica muestra la serie de tiempo de la temperatura con promedio móvil de siete días del paciente sospechoso uno a partir del 15 de abril y terminan el 13 de mayo solapada con la serie de tiempo de la temperatura del paciente cero.

Interpretación

Para este análisis la línea de color celeste representa al promedio móvil a los 7 días del paciente cero, y la línea roja representa al promedio móvil de 7 días del paciente sospechoso. Las dos líneas empiezan el día 15 de abril y terminan el 13 de mayo, el paciente cero tiene una temperatura promedio máxima de 37.35°C la cual no sufre alteraciones importantes hasta finalizar el periodo de análisis llegando a tener 37°C de temperatura promedio mínima. Con respecto al paciente sospechoso su temperatura no sobrepasa los 37.1°C y tampoco disminuye de los 36.27°C durante todo el periodo de análisis

Temperatura promedio de catorce días del paciente 1

Tabla 34

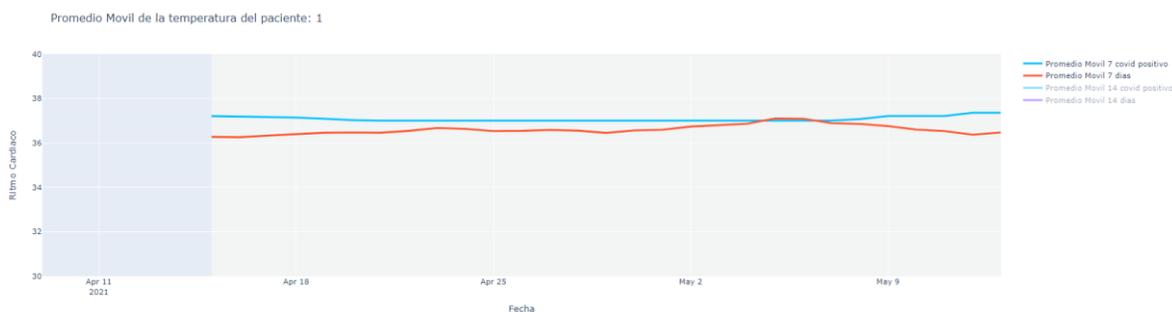
Tabla temperatura promedio de catorce días

Fecha	Temp. Promedio Máxima	Diagnóstico	Fecha	Temp. Promedio Mínima	Diagnóstico
05/05/2021	36.82 °C		15/04/2021	36.40°C	

Nota. Esta tabla muestra las fechas en las que el paciente sospechoso uno alcanzó una temperatura promedio móvil máxima y mínima junto a sus diagnósticos.

Figura 33

Gráfica de temperatura Promedio de catorce días del paciente uno



Nota. Esta gráfica muestra la serie de tiempo de la temperatura con promedio móvil de catorce días del paciente sospechoso uno a partir del 22 de abril y terminan el 13 de mayo solapada con la serie de tiempo de la temperatura del paciente cero.

Interpretación

Para este análisis la línea de color celeste representa al promedio móvil a los 14 días del paciente cero, y la línea roja representa al promedio móvil de 14 días del paciente sospechoso. Las dos líneas empiezan el día 22 de abril y terminan el 13 de mayo, el paciente cero tiene una temperatura promedio máxima de 37.17 °C la cual no sufre alteraciones importantes hasta finalizar el periodo de análisis llegando a tener 36.10°C de temperatura promedio mínima. Con respecto al paciente sospechoso su temperatura no sobrepasa los 36.82°C y tampoco disminuye de los 36.40°C durante todo el periodo de análisis.

Saturación de oxígeno promedio de siete días del paciente 1

Tabla 35

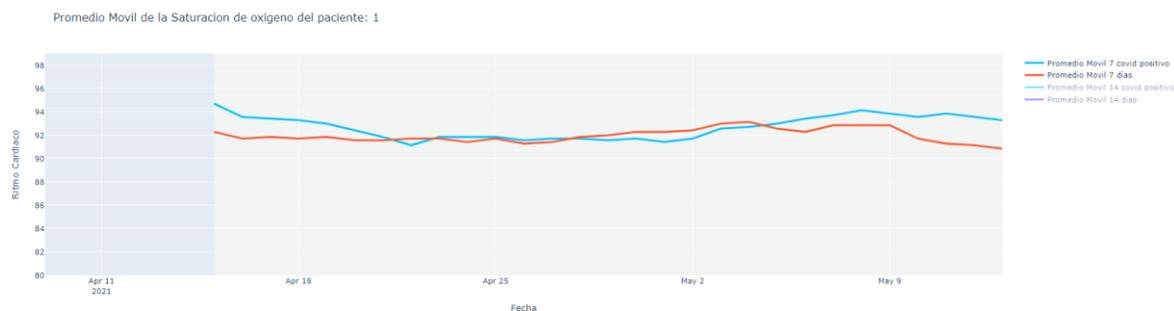
Tabla de saturación de oxígeno promedio de siete días

Fecha	Sat. Oxígeno Promedio Máxima	Diagnóstico	Fecha	Sat. Oxígeno Promedio Mínima	Diagnóstico
9/05/2021	92.64		27/04/2021	91.5	

Nota. Esta tabla muestra las fechas en las que el paciente sospechoso uno alcanzó una saturación de oxígeno promedio móvil máxima y mínima junto a sus diagnósticos.

Figura 34

Gráfica de la saturación de oxígeno promedio de siete días del paciente uno



Nota. Esta gráfica muestra la serie de tiempo de la saturación de oxígeno con promedio

móvil de siete días del paciente sospechoso uno a partir del 15 de abril y terminan el 13 de mayo solapada con la serie de tiempo de la saturación de oxígeno del paciente cero.

Interpretación

Para este análisis la línea de color celeste representa al promedio móvil a los 7 días del paciente cero, y la línea tomate representa al promedio móvil de 7 días del paciente sospechoso. Las dos líneas empiezan el día 15 de abril y terminan el 13 de mayo, el paciente cero tiene una saturación promedio máxima de 94.71 %SpO₂ la cual no sufre alteraciones importantes hasta finalizar el periodo de análisis llegando a tener 91.14 %SpO₂ de saturación promedio mínima. Con respecto al paciente sospechoso su temperatura no sobrepasa los 93.14 %SpO₂ y tampoco disminuye de los 92.28 %SpO₂ de saturación durante todo el periodo de análisis.

Saturación de Oxígeno promedio de catorce días del paciente uno

Tabla 36

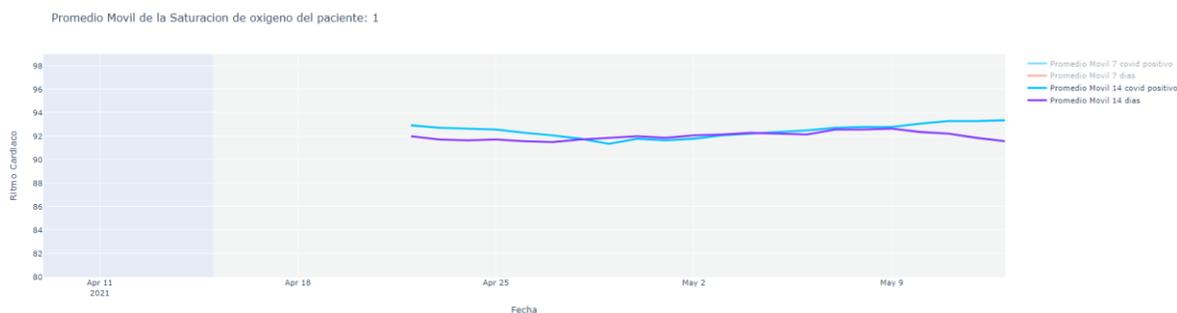
Tabla de la saturación de oxígeno promedio de catorce días del paciente uno

Fecha	Sat. Oxígeno Promedio Máxima	Diagnóstico	Fecha	Sat. Oxígeno Promedio Máxima	Diagnóstico
09/05/2021	92.64 SpO ₂		27/04/2021	91.5 SpO ₂	

Nota. Esta tabla muestra las fechas en las que el paciente sospechoso uno alcanzó una saturación de oxígeno promedio móvil máxima y mínima junto a sus diagnósticos.

Figura 35

Gráfica de la saturación de oxígeno promedio de catorce días del paciente uno



Nota. Esta gráfica muestra la serie de tiempo de la saturación de oxígeno con promedio móvil de catorce días del paciente sospechoso uno a partir del 22 de abril y terminan el 13 de mayo solapada con la serie de tiempo de la saturación de oxígeno del paciente cero en su periodo de enfermedad.

Interpretación

Para este análisis la línea de color celeste representa al promedio móvil a los 14 días del paciente cero, y la línea morada representa al promedio móvil de 14 días del paciente sospechoso. Las dos líneas empiezan el día 22 de abril y terminan el 13 de mayo, el paciente cero tiene una saturación promedio mínima de 91.35 %SpO₂ la cual no sufre alteraciones importantes hasta finalizar el periodo de análisis, llegando a tener una saturación promedio máxima de 93.35 SpO₂. Con respecto al paciente sospechoso su saturación no sobrepasa los 92.64 %SpO₂ y tampoco disminuye de los 91.5 %SpO₂ durante todo el periodo de análisis.

Ritmo cardíaco promedio de siete días del paciente uno

Tabla 37

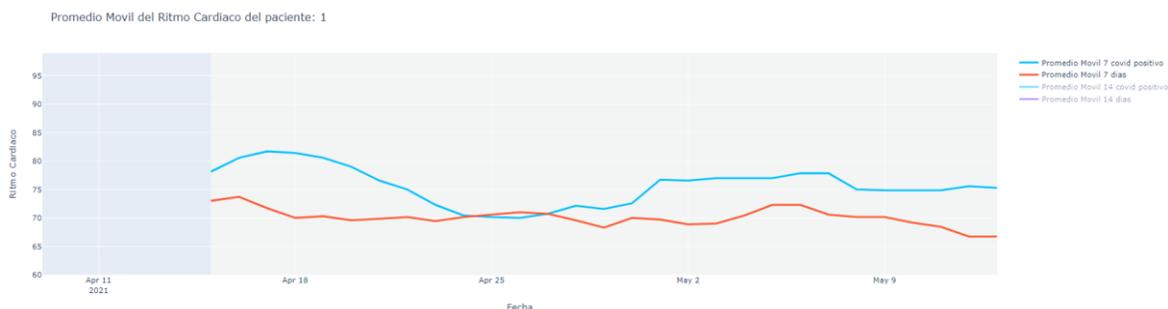
Ritmo cardíaco promedio de siete días del paciente uno

Fecha	Ritmo	Diagnóstico	Fecha	Ritmo	Diagnóstico
	Cardíaco			Cardíaco	
	Promedio			Promedio	
	Máximo			Mínimo	
16/04/2021	73.7bpm		12/05/2021	66.7	

Nota. Esta tabla muestra las fechas en las que el paciente sospechoso uno alcanzó un ritmo cardíaco promedio móvil máxima y mínima junto a sus diagnósticos.

Figura 36

Gráfica del ritmo cardiaco promedio de siete días del paciente uno



Nota. Esta gráfica muestra la serie de tiempo del ritmo cardiaco con promedio móvil de siete días del paciente sospechoso uno a partir del 15 de abril y terminan el 13 de mayo solapada con la serie de tiempo del ritmo cardíaco del paciente cero en su periodo de enfermedad.

Interpretación

Para este análisis la línea de color celeste representa al promedio móvil a los 7 días del paciente cero, y la línea tomate representa al promedio móvil de 7 días del paciente sospechoso. Las dos líneas empiezan el día 15 de abril y terminan el 13 de mayo, el paciente cero tiene ritmo cardíaco promedio máximo de 81.71bpm y un ritmo cardíaco promedio mínimo de 70 bpm. Con respecto al paciente sospechoso su ritmo cardiaco promedio no sobrepasa los 73.7bpm y tampoco disminuye de los 66.7bpm durante todo el periodo de análisis

Ritmo cardiaco promedio de catorce días del paciente uno

Tabla 38

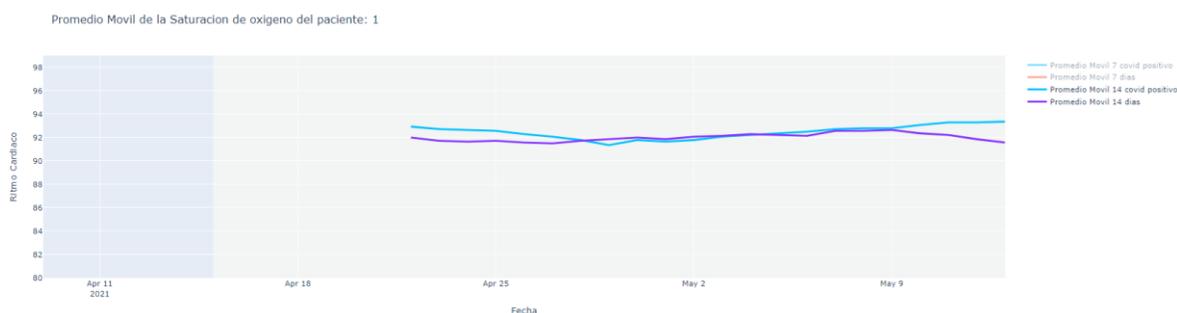
Tabla del ritmo cardiaco promedio de catorce días

Fecha	Ritmo cardiaco promedio Máximo	Diagnóstico	Fecha	Ritmo cardiaco promedio Mínimo	Diagnóstico
23/04/2021	71.57bpm		29/04/2021	69.21	

Nota: Esta tabla muestra las fechas en las que el paciente sospechoso uno alcanzó un ritmo cardíaco promedio móvil máxima y mínima junto a sus diagnósticos.

Figura 37

Gráfica de la saturación de oxígeno promedio de catorce días del paciente uno



Nota. Esta gráfica muestra la serie de tiempo del ritmo cardíaco con promedio móvil de catorce días del paciente sospechoso uno a partir del 22 de abril y terminan el 13 de mayo solapada con la serie de tiempo del ritmo cardíaco del paciente cero en su periodo de enfermedad.

Interpretación

Para este análisis la línea de color celeste representa al promedio móvil a los 14 días del paciente cero, y la línea morada representa al promedio móvil de 14 días del paciente sospechoso. Las dos líneas empiezan el día 22 de abril y terminan el 13 de mayo, el paciente cero tiene un ritmo cardíaco promedio máximo de 76.57bpm y un ritmo cardíaco promedio mínimo de 72.42bpm durante todo el periodo de análisis. Con respecto al paciente sospechoso su ritmo cardíaco máximo es de 71.57bpm y su ritmo cardíaco promedio mínimo es de 69.21 durante todo el periodo de análisis.

Análisis de promedios móviles de 7 (PM7) y 14 (PM14) días de los signos vitales

El paciente cero para este periodo de análisis ya superó la enfermedad por lo que es razonable que sus signos vitales no se encuentren en parámetros de sospecha.

De acuerdo con el promedio móvil de siete días y catorce días, las gráficas tanto del paciente cero como del paciente uno pronostica que no logran sobrepasar los

38°C hasta finalizar el periodo de análisis, lo que nos permite observar que la temperatura del paciente uno se mantendrá en los rangos de baja sospecha.

Con respecto a las gráficas de la saturación de oxígeno de promedios móviles de siete y catorce días estas no disminuyen de 91.5 SpO₂, lo que nos permite pronosticar que el paciente uno se encontrara en un rango de baja sospecha durante todo el periodo de análisis.

En las gráficas del ritmo cardíaco de promedios móviles de siete días y catorce días se puede observar que este parámetro se mantiene oscilando entre valores de 69 bpm y 90 bpm, lo que nos permite determinar que durante el periodo de análisis el paciente uno se encuentra en un rango de baja sospecha.

El pronóstico nos dice que los tres signos vitales del paciente no superaron los valores críticos para ser considerados como pacientes que tienen COVID-19 en el periodo que se tomó el corte de información, por esta razón se puede indicar que en este periodo de tiempo el paciente uno probablemente no portaba el virus y que si realizamos más series de tiempo con promedios móviles superiores a los 7 y 14 días obtendremos los mismos resultados.

4.3.2 **Análisis de comportamiento (Kmeans)**

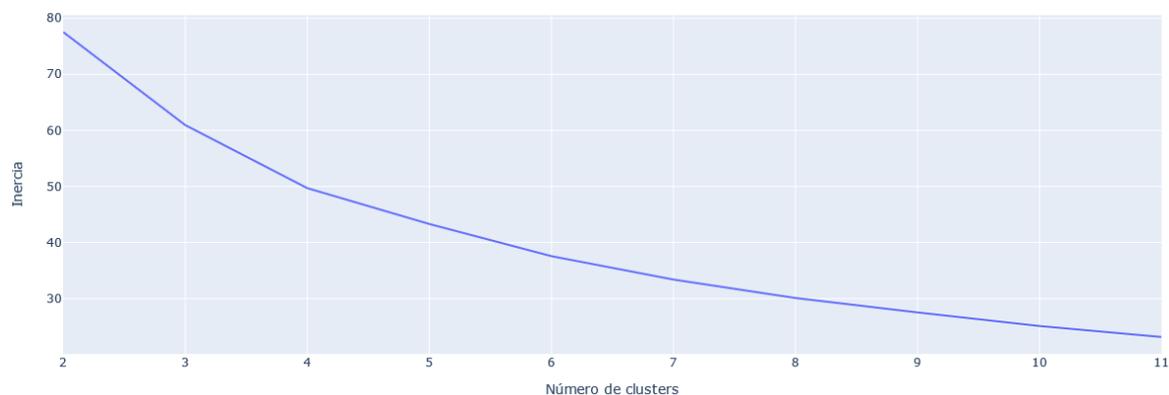
Para la búsqueda de algún comportamiento se ha utilizado como conjunto de datos, 784 seguimientos enviados por los 27 pacientes seleccionados previamente, de los cuales se tomaron los signos vitales (temperatura, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno).

Kmeans al ser un algoritmo de agrupamiento no supervisado se debe ingresar el número de clusters, para agrupar las características y determinar la existencia de algún comportamiento, generalmente el número de clústeres es definido por el experto, pero en este caso se utilizaron técnicas para determinar el valor óptimo de clústeres en función del conjunto de datos. Para ello se ha tomado en cuenta el método del Codo de Jambu y de la silueta.

Codo de Jambu

Figura 38

Gráfica de líneas – Inercia vs Número de clústeres



Nota. Esta gráfica representa la búsqueda del número óptimo de clústeres mediante el uso del método de codo de Jambu.

Interpretación

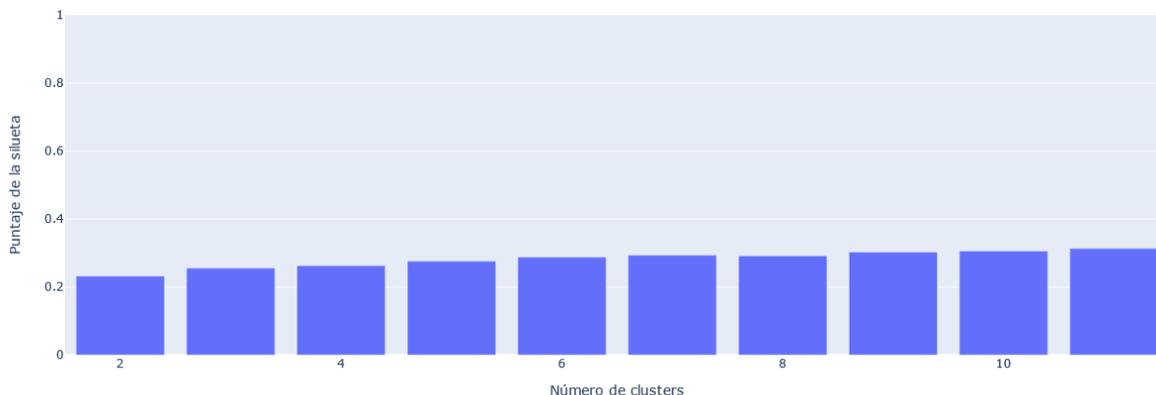
En la figura 36 se muestra una gráfica de líneas que representan la inercia respecto al número de clústeres, siendo la inercia la suma de las distancias al cuadrado de cada objeto del clúster al centroide. Debido a que la inercia tiende a cero a partir del clúster número once, se realizó el análisis hasta ese clúster.

Visualizando la gráfica no se observa un cambio significativo en las líneas, esto puede suceder debido a que predomina una característica dentro del conjunto de datos o a su vez el conjunto de datos pertenece a un mismo grupo, por lo tanto, es importante apoyarse en otro método para la selección del clúster.

Método de la silueta

Figura 39

Gráfica de barras – Puntaje de la silueta vs Número de clústeres



Nota. Esta gráfica representa la búsqueda del número óptimo de clústeres mediante el uso del método de la silueta.

Interpretación

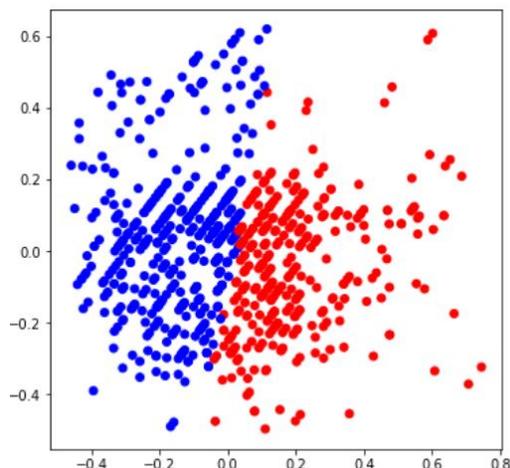
En la figura 37 se muestra una gráfica de barras que representan el puntaje de la silueta respecto al número de clústeres, siendo el puntaje de la silueta la valoración de qué tan cercano están los objetos al clúster. De la misma manera que el caso de Jambu se utilizaran 11 clústeres para su análisis.

Como se observa en la figura, ningún clúster posee un puntaje cercano a 1, el cual sería un clúster óptimo para el conjunto de datos, solo se observa puntajes cercanos a 0, lo cual muestra que los objetos de cada clúster estarán muy cercanos entre ellos, por lo tanto, se utilizará el valor mínimo es decir 2 clústeres, de esta manera, se evitará que los objetos de los clústeres se mezclen entre ellos.

K-means

Figura 40

Gráfica de puntos – Conjunto de datos en dos dimensiones



Nota. Esta gráfica representa el conjunto de datos en dos dimensiones, dividido en dos clústeres.

En la figura 40 se muestra una gráfica de puntos, que representa el conjunto de datos en dos dimensiones, utilizando el algoritmo de agrupamiento dividiéndose en 2 clústeres, el primer clúster de color azul agrupa 439 objetos mientras que el segundo clúster de color rojo agrupa 345 elementos.

Tabla 39

Resumen de la información estadística de los clústeres

Clúster	Color	Elementos	Signos vitales	Mínimo	Máximo
1	Azul	439	Temperatura (°C)	35,0625	37,5625
			Ritmo Cardíaco (Bpm)	53	101
			Saturación Oxígeno (%SpO2)	92	99
2	Rojo	345	Temperatura (°C)	35,0625	37,5625
			Ritmo Cardíaco (Bpm)	53	101
			Saturación Oxígeno (%SpO2)	86	96

Nota. Esta tabla resume los resultados obtenidos del agrupamiento de los seguimientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede indicar en la tabla 39 que el valor mínimo, el valor máximo de la temperatura y la frecuencia cardiaca en los dos clústeres son los mismos, siendo la saturación de oxígeno el único que muestra diferencias.

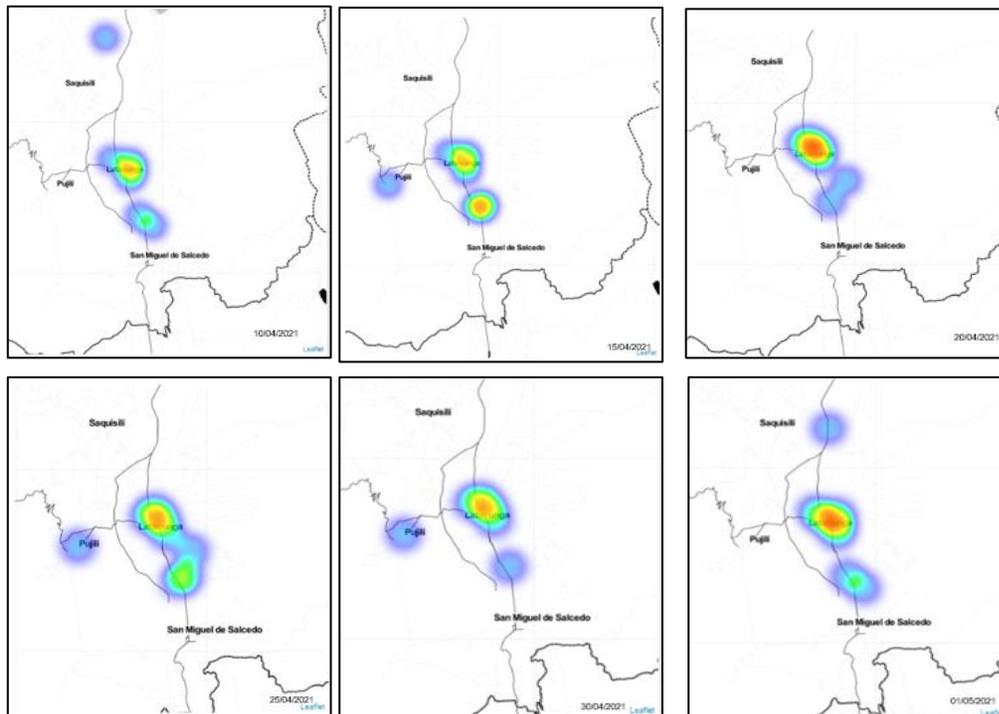
El primer clúster tiene un rango entre 92 y 99 %SpO₂, los cuales son valores normales para personas en condiciones de buena salud y lo puede verificar en la tabla 26 en donde se encuentra esta tabla, el segundo clúster tiene un rango de valores entre 86 y 96 %SpO₂, en el cual se encuentran seguimientos inferiores a 91 %SpO₂, considerados valores peligrosos para la salud, por lo tanto, se puede observar que la saturación de oxígeno es una característica que predomina en el conjunto de datos, siendo la baja saturación de oxígeno uno de los síntomas principales en los pacientes confirmados de COVID-19.

4.3.3 **Análisis de mapas de calor**

Se realizará un análisis de graficas conocidas como mapas de calor, las cuales nos muestran los resultados de medición mediante zonas de distintos colores, utilizando como muestra de análisis los datos recopilados por el aplicativo móvil sobre el número de seguimientos que se realizaron en una zona específica.

Figura 41

Gráfica de mapas de calor sobre los seguimientos diarios de pacientes en una localización específica.



Nota. El gráfico de mapas de calor representa la concentración del número de seguimientos diarios que se realizaron en localizaciones específicas en el aplicativo móvil.

Interpretación

El siguiente gráfico de mapas de calor representa el número de seguimientos diarios que se registraron en el aplicativo móvil, en la ESPE Sede Latacunga y el campus Belisario Quevedo. De acuerdo con el corte de información se realizaron 17 seguimientos por día, los cuales se distribuyeron en los diferentes campus de la universidad. Las zonas que están marcadas de color anaranjado son las que tienen una mayor cantidad de registros, las de color verde y amarillo son las que tienen una concentración media y las de color azul son las que tienen menor concentración de registros.

De acuerdo con la primera grafica de la figura 41, se observa que la mayor concentración de registros de seguimientos se realizó en el campus de Latacunga y en

el campus Belisario Quevedo, con la excepción de registros realizados en el sector de Saquisilí.

En el segundo cuadro de la figura 41, observamos una gran concentración de registro de seguimientos en los dos campus de la universidad, y un seguimiento registrado en Pujilí.

En el tercer cuadro de la figura 41, se observa una mayor concentración de registro de seguimientos en el campus de Latacunga y una concentración baja en el campus de Belisario Quevedo.

En el cuarto cuadro de la figura 41, se ve una concentración de registro de seguimientos media en los dos campus de la universidad y una concentración de registros de seguimientos baja en Pujilí.

En el quinto cuadro de la figura 41, se ve una mayor concentración de registro de seguimientos en el campus de Latacunga y bajas concentraciones en el campus de Belisario Quevedo y el sector de Pujilí.

En el sexto cuadro de la figura 41, se ve una mayor concentración de registros de seguimientos en el campus de Latacunga, una concentración de seguimientos media en el campus de Belisario Quevedo, y una leve concentración cercana al sector de Saquisilí.

Cómo se observa en la figura 41, la localización con mayor concentración de seguimientos es el campus universitario de Latacunga y el campus Belisario Quevedo, en menor concentración tenemos la ciudad de Pujilí y los alrededores de Saquisilí.

Análisis

En base a la información que nos ofrecen los mapas de calor sobre la concentración de seguimientos diarios, proporcionados por el aplicativo móvil, se muestran que las zonas con mayor concentración fueron la ciudad de Latacunga debido a que en esta ubicación se encuentra el campus de la universidad, lugar que contó con la mayor cantidad de participantes del proyecto, al igual que en el sector de la Panamericana Sur cercana al campus Belisario Quevedo. Pudimos percatarnos que no todos los seguimientos se realizaron dentro de la institución, en algunas ocasiones los pacientes realizaron sus registros en sectores como Pujilí y Saquisilí, esto nos lleva a pensar que este grupo de pacientes realizaron los seguimientos desde sus viviendas, es

decir fuera de las horas de trabajo, ya sea porque se olvidaron de realizar este proceso mientras trabajaban o no contaron con una conexión de internet para realizarlo, motivo que los obligó a realizar sus seguimientos lejos de la institución.

El mapa de calor puede llegar a ser una herramienta que nos permita tomar decisiones de acuerdo a la información que nos presente, en esta ocasión se indica la concentración de los seguimientos registrados al aplicativo.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede determinar las zonas en las que se concentraron las personas con sospecha de tener COVID-19.

Para futuras aplicaciones del aplicativo se podrían observar el número de personas contagiadas con COVID-19 concentradas en una localización, esto nos ayudaría a determinar en qué lugares se concentra la enfermedad y ayudarnos a decidir por que zonas existe aglomeración y restringir la movilidad o si tenemos que tomar más precauciones cuando estemos en ese lugar, o si la concentración de enfermos es muy alta se podría determinar que zonas pueden ser puestas en cuarentena.

4.4 Análisis de satisfacción del uso del aplicativo móvil

Tabla 40

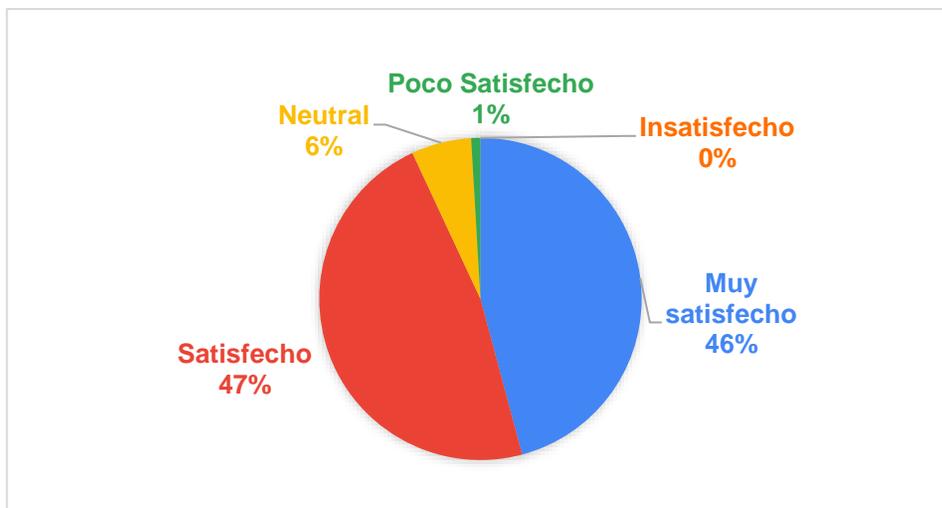
Satisfacción de uso del aplicativo en los pacientes

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Muy satisfecho	99	45,83
Satisfecho	102	47,22
Neutral	13	6,02
Poco Satisfecho	2	0,93
Insatisfecho	0	0
Total	216	100

Nota. Tabla resultante de la tabulación de las encuestas realizadas a los pacientes del aplicativo.

Figura 42

Satisfacción de uso del aplicativo en los pacientes



Nota. Representación de la satisfacción de uso del aplicativo en un diagrama circular.

Análisis:

Del 100% de personas encuestadas, el 47.22 % se consideran satisfechos con el uso, funcionalidad y utilidad del aplicativo, el 45.83 % muy satisfechos, el 6.02% neutral y 0.93% se consideran poco satisfechos con el aplicativo

Interpretación:

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar que la mayor parte de las personas encuestadas, es decir, el 93.05% se encuentran satisfechos o muy satisfechos con el uso, funcionalidad, apariencia y utilidad del aplicativo como herramienta tecnológica para mejorar el seguimiento a personas expuestas a COVID-19.

Uso de la asesoría médica virtual

Tabla 41

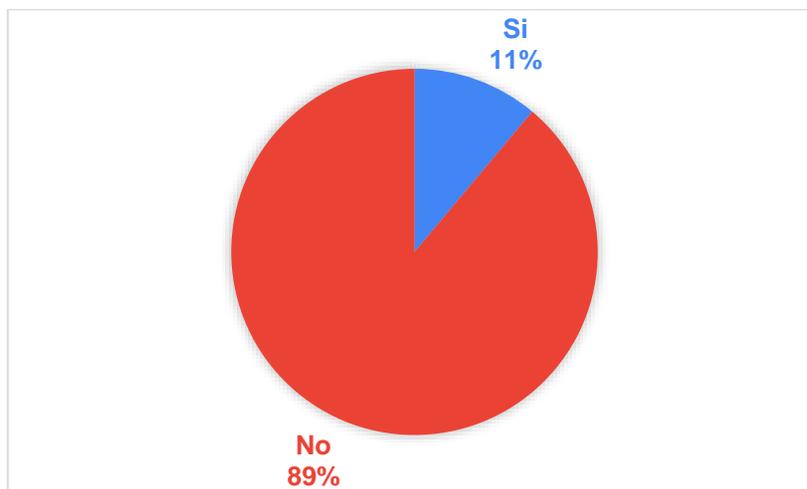
Uso de la asesoría médica virtual en los pacientes

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Si	3	11,11
No	24	88,89
Total	27	100

Nota. Tabla resultante de la tabulación del uso de la asesoría médica virtual en los pacientes.

Figura 43

Uso de la asesoría médica virtual en los pacientes



Nota. Representación del uso de la asesoría médica virtual en un diagrama circular.

Análisis:

Del 100% de personas encuestadas, el 88.89% no utilizaron la asesoría médica virtual del aplicativo y solo el 3% lo utilizó.

Interpretación:

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar que la mayor parte de personas encuestadas no utilizó la asesoría médica virtual.

Soporte médico adecuado a los pacientes**Tabla 42**

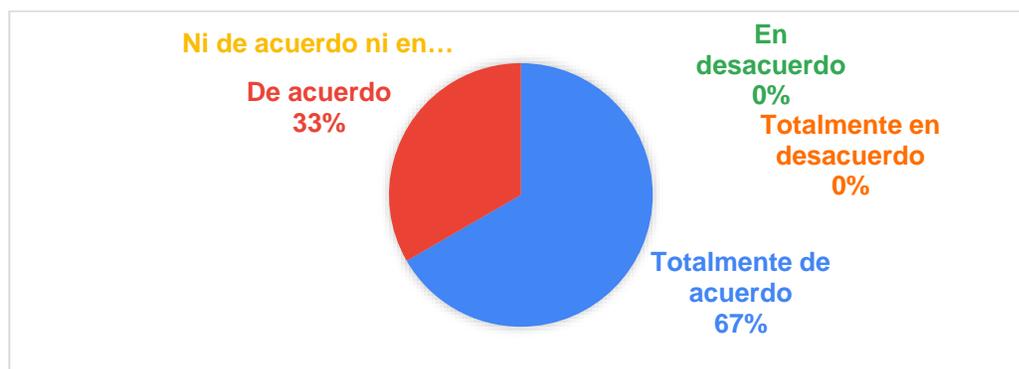
Soporte médico adecuado a los pacientes

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	2	66,67
De acuerdo	1	33,33
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0,00
En desacuerdo	0	0,00
Totalmente en desacuerdo	0	0,00
Total	3	100

Nota. Tabla resultante de la tabulación del soporte médico adecuado a los pacientes.

Figura 44

Soporte médico adecuado a los pacientes



Nota. Representación del soporte médico adecuado en un diagrama circular.

Del 100% de personas que necesitan asesoría médica virtual, el 66.67 % se considera totalmente de acuerdo con el soporte médico recibido, el 33,33 % está de acuerdo.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las personas que necesitan asesoría médica virtual, consideran que recibieron el soporte médico adecuado para resolver sus inquietudes médicas.

Motivo por el cual no utilizaron la asesoría médica virtual

Tabla 43

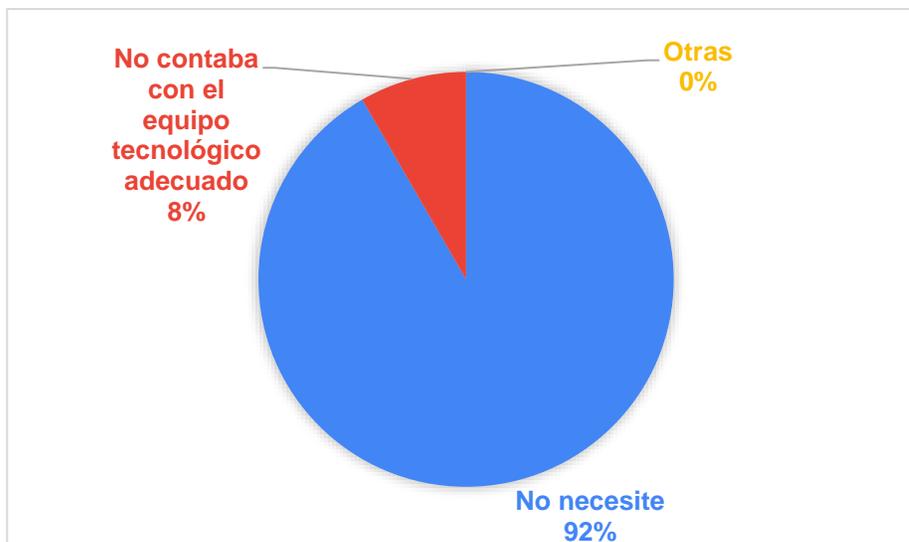
Motivo por el cual no utilizaron la asesoría médica virtual

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
No necesite	22	91,67
No contaba con el equipo tecnológico adecuado	2	8,33
Otras	0	0,00
Total	24	100

Nota. Tabla resultante del motivo por el cual no utilizaron la asesoría médica virtual.

Figura 45

Motivo por el cual no utilizaron la asesoría médica virtual



Nota. Representación del motivo por el cual no utilizaron la asesoría médica virtual en un diagrama circular.

Del 100% de personas que no necesitan asesoría médica virtual, el 91,67% en efecto no necesito la asesoría, a diferencia que el 8.33% no contaba con el equipo tecnológico adecuado para una asesoría médica virtual.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las personas que no necesitan asesoría médica virtual, la mayoría no la necesito; pero se puede observar, un pequeño porcentaje, el cual no contaba con el equipo tecnológico adecuado, lo cual podría restringir ciertas funciones que ofrece el aplicativo a los usuarios.

Satisfacción de uso del aplicativo móvil en los doctores

Tabla 44

Satisfacción de uso del aplicativo móvil en los doctores

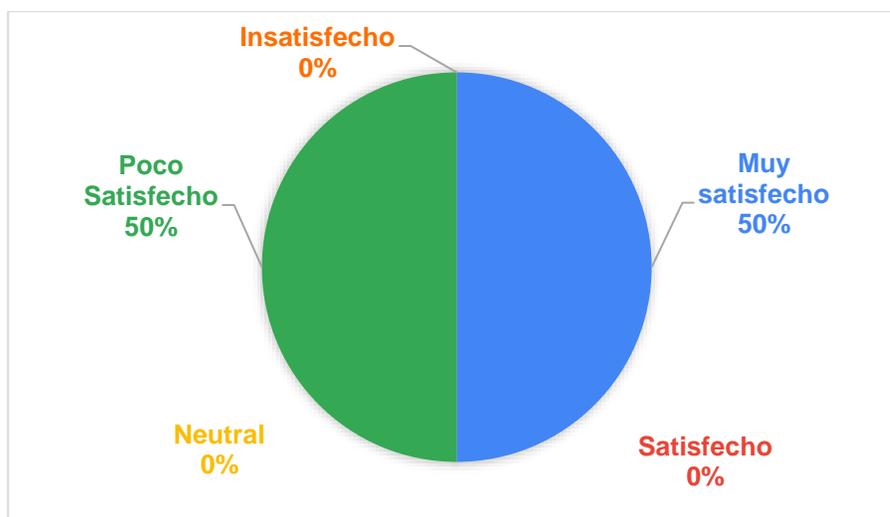
Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Muy satisfecho	1	50,00

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Satisfecho	0	0,00
Neutral	0	0,00
Poco Satisfecho	1	50,00
Insatisfecho	0	0,00
Total	2	100,00

Nota. Tabla resultante de la tabulación de las encuestas realizadas a los doctores del aplicativo.

Figura 46

Satisfacción de uso del aplicativo móvil en los doctores



Nota. Representación de la satisfacción de uso del aplicativo en un diagrama circular (personal de salud).

Análisis:

Del 100% de los doctores encuestados, el 50 % se consideran muy satisfechos con el uso, funcionalidad y utilidad del aplicativo, el 50% restante se consideran poco satisfecho con el aplicativo.

Interpretación:

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar que el nivel de satisfacción en relación al uso, funcionalidad, apariencia y utilidad del aplicativo como herramienta tecnológica para mejorar el seguimiento a personas expuestas a COVID-19 por parte de los doctores es en promedio satisfactorio debido a los diferentes criterios médicos que maneja el personal. Cabe notar que, con la implantación y uso de este aplicativo ha permitido conocer y monitorear el estado de salud básico de los pacientes.

Capítulo V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se estructuró un marco teórico sobre el estado del arte del COVID-19 en el que se hace referencias a los principales aspectos de la enfermedad y con el asesoramiento médico de la ESPE Sede Latacunga Campus Belisario Quevedo, se desarrolló un aplicativo móvil para el registro y seguimiento de personas con sospecha de COVID-19 mediante el monitoreo de signos vitales y síntomas de su estado de salud.
- El desarrollo del aplicativo se realizó en un entorno multiplataforma, puede ser utilizado tanto en sistemas operativos Android como en IOs. Para ello, se utilizó el SDK Flutter que permite desarrollar un solo código para ambas plataformas, con la finalidad de disminuir el tiempo, costos y posibles errores que puedan surgir en el proceso de desarrollo de software. Además, esta herramienta hace que las interfaces de usuario, las funcionalidades y el rendimiento sean idénticas a la aplicación nativa.
- Inicialmente el aplicativo contó con la participación de 55 miembros del personal administrativo y militar de la ESPE Sede Latacunga, de los cuales el 49% (27) de los participantes cumplieron al menos con el 71% (25) de los seguimientos, desde el 9 de abril del 2021 hasta el 13 de mayo del 2021, fechas de corte para el análisis de los datos. Por otro lado, el aplicativo registro el 2% (1) de los participantes como contagiados y el 98% (26) de los participantes como sospechosos de COVID-19, en el rango de fechas establecidas.
- Con los datos obtenidos por medio del aplicativo móvil se realizaron diferentes análisis para determinar la posible evolución y comportamiento de COVID-19. Cabe mencionar que, de todos los participantes solo un paciente fue confirmado con COVID-19, los datos y seguimientos de este paciente sirvieron de base para el análisis de los resultados. En cuanto a la evolución de la enfermedad se utilizó series de tiempo con promedios móviles PM7 y PM14, y de acuerdo con los resultados obtenidos se puede indicar que ningún paciente superó los valores críticos de signos vitales para ser considerados como confirmados. En cuanto al comportamiento de los datos (signos vitales) se utilizó Kmeans (algoritmo no supervisado de machine learning) para observar cómo se relacionan las

características de los datos, para ello se formaron dos clústeres. El primer clúster mostró valores normales del porcentaje de saturación de oxígeno en el rango de 92 y 99 %SpO₂, aquí se agrupan los signos vitales de las personas que se encuentran en condiciones de buena salud, por el contrario, en el segundo clúster se encuentran datos de saturación de oxígeno entre el rango de 86 y 96 %SpO₂, los resultados inferiores a 91 son considerados valores peligrosos para la salud. Además, con la información obtenida sobre la geolocalización de personas con sospecha de COVID-19 se pudo visualizar mediante mapas de calor la situación actual (diaria) sobre la localización y la forma como podría propagarse la enfermedad en la población objetivo.

- Los resultados de los diferentes análisis realizados sobre los datos obtenidos por medio del aplicativo móvil están en concordancia con el criterio médico, el cual manifiesta que el porcentaje de la saturación de oxígeno es la característica predominante en pacientes que tienen COVID-19, por lo tanto, se puede indicar que el aplicativo móvil es funcional.
- De acuerdo a las encuestas realizadas, tanto a participantes como a los médicos de la ESPE Sede Latacunga, como parte de la validación del aplicativo se indica que el grado de satisfacción del uso e importancia del aplicativo móvil en general es satisfactorio. Un punto especial por indicar es que la concepción del aplicativo por parte de los médicos de la institución es totalmente diferente, debido a que uno de ellos no participó en el desarrollo, la visión y las metas con la que se concibió la funcionalidad del aplicativo. De acuerdo con el criterio del médico que participó en su desarrollo esta herramienta es una de las posibles estrategias digitales con las cuales se puede realizar el seguimiento de personas sospechosas de COVID-19, que con su uso permitió mejorar el proceso de interacción paciente - médico de forma activa y podría evitar la cadena de contagios. A diferencia del otro médico quien tuvo como objetivo principal adicionar más funcionalidades e integrar los datos con otros sistemas, lo que hace que la concepción misma del aplicativo se pierda, y que no pueda ser utilizado por cualquier institución del país.

5.2 Recomendaciones

- Motivar y propiciar el compromiso para el uso de sistemas y/o aplicativos (aplicativo móvil), por parte del personal de la ESPE Sede Latacunga, ya que sin este compromiso la recolección de datos resulta ser inconsistente, lo que redundaría en la funcionalidad y el objetivo primordial del aplicativo.
- Continuar con el uso del aplicativo móvil ya que la enfermedad COVID-19 todavía está presente y no va a desaparecer por completo, las recomendaciones de la OMS indican seguir cuidándonos de la enfermedad, aunque estemos vacunados.
- El aplicativo demanda el uso de recursos tecnológicos como son cámaras y micrófonos en los ordenadores del personal médico con el fin de utilizar las funcionalidades del aplicativo como es la tele asesoría médica, lo que redundará en una mejor atención al paciente.
- Gestionar mejor la adquisición, asignación y uso de licencias de desarrollo, tanto para Android y iOS, lo que permitirá que las aplicaciones móviles se desplieguen de una manera rápida y oportuna.

6. Bibliografía

Actualización de casos de coronavirus en Ecuador – Ministerio de Salud Pública.

Recuperado 22 de julio de 2021 (<https://www.salud.gob.ec/actualizacion-de-casos-de-coronavirus-en-ecuador/>).

Adames, R. (2021). *Servicios en las TIC - Monografias.com.*

Recuperado 10 de junio de 2021

(<https://www.monografias.com/trabajos99/servicios-tic/servicios-tic.shtml>).

Alberca, A. S. (2021, mayo 14). *La librería Pandas. Aprende con Alf.*

Recuperado 17 de abril de 2021

(<https://aprendeconalf.es/docencia/python/manual/pandas/>).

Alocución de apertura del Director General de la OMS en la rueda de prensa sobre la

COVID-19 celebrada el 11 de marzo de 2020. Recuperado 14 de junio de 2021

(<https://www.who.int/es/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-COVID-19---11-march-2020>).

Amaya, L. (2020, septiembre 24). *LIMPIEZA DE DATOS - CURSO- ANALÍTICA BIG*

DATA 2. Recuperado 14 de junio de 2021

(<https://sites.google.com/site/luisamayateacher/limpieza-de-datos---python>)

Arquitectura en Capas. (2021). Recuperado 15 de junio de 2021

(<https://reactiveprogramming.io/blog/es/estilos-arquitectonicos/capas>).

Bloc State Management Library. (2021). <https://bloclibrary.dev/#/whybloc>

Cabo Salvador, J. (2021). 3. *Telemedicina | Gestión Sanitaria.* gestion-

sanitaria.com. Recuperado 20 de junio de 2021 ([https://www.gestion-](https://www.gestion-sanitaria.com/3-telemedicina.html)

[sanitaria.com/3-telemedicina.html](https://www.gestion-sanitaria.com/3-telemedicina.html)).

CDC. (2020, febrero 11). *El COVID-19 y su salud.* Centers for Disease Control and

Prevention. Recuperado 21 de junio de 2021

(<https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/symptoms-testing/testing.html>).

CDC. (2021, junio 11). *El COVID-19 y su salud*. Centers for Disease Control and Prevention. Recuperado 21 de junio de 2021

(<https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/prevention.html>).

Científica (SIIC), S. I. de I. (2020). *LA TELEMEDICINA EN RESPUESTA A LA PANDEMIA DE ENFERMEDAD POR CORONAVIRUS 2019*.

<https://siicsalud.com/dato/resiiccompleto.php/163705>

Coronavirus Disease (COVID-19) Situation Reports. (2020). Recuperado 21 de junio de 2021 (<https://www.who.int/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>).

Coronavirus—OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. (2019). Recuperado 23 de junio de 2021 (<https://www.paho.org/es/temas/coronavirus>).

Cuántas vacunas contra la COVID existen y cuáles han sido aprobadas por la OMS.

(2021, julio 18). El Universo. Recuperado 23 de junio de 2021

(<https://www.eluniverso.com/larevista/salud/cuantas-vacunas-contra-la-covid-existen-y-cuales-han-sido-aprobadas-por-la-oms-nota/>).

Cuero, C. (2020). La Pandemia del COVID-19 [The COVID-19 Pandemic]. *Revista Médica de Panamá - ISSN 2412-642X*, 40(1). Recuperado 24 de junio de 2021 (<https://doi.org/10.37980/im.journal.rmdp.2020872>).

Curioso, W. H., Blas, M. M., Kurth, A. E., & Klausner, J. D. (2007). Tecnologías de información y comunicación para la prevención y control de la infección por el VIH y otras ITS. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 24(3), 262-271.

Esta es la cronología del COVID-19 en Ecuador hasta el momento. (2021, marzo 16).

GK. Recuperado 01 agosto de 2021 (<https://gk.city/2021/03/16/el-relato-ecuadoriano-de-la-pandemia/>).

Firestore Cloud Messaging. (2021). Firebase. Recuperado 01 de agosto de 2021 (<https://firebase.google.com/docs/cloud-messaging?hl=es-419>).

Flame analytics. (2014, agosto 18). Innovación TIC, la clave de un retail más competitivo. *Flame Analytics*. Recuperado 02 agosto de 2021 (<https://flameanalytics.com/sector-retail/innovacion-tic-la-clave-de-un-retail-mas-competitivo/>).

flutter.dev. (2021). *Flutter—Beautiful native apps in record time*. Recuperado 02 agosto de 2021 (<https://Flutter.Dev>. <https://flutter.dev/>).

Giannini, S. (2020). COVID-19 y educación superior: De los efectos inmediatos al día después. *Revista Latinoamericana de Educación Comparada: RELEC*, 11(17), 1-57.

GraphQL | A query language for your API. (2021). Recuperado 05 agosto de 2021 (<https://graphql.org/>).

Guo, Y.-R., Cao, Q.-D., Hong, Z.-S., Tan, Y.-Y., Chen, S.-D., Jin, H.-J., Tan, K.-S., Wang, D.-Y., & Yan, Y. (2020). The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak – an update on the status. *Military Medical Research*, 7(1), 11. Recuperado 05 agosto de 2021 (<https://doi.org/10.1186/s40779-020-00240-0>).

Hernández Salvador, C. (2004). *Modelo de historia clínica electrónica para teleconsulta médica* [Phd, E.T.S.I. Telecomunicación (UPM)]. Recuperado 06 agosto de 2021 (<http://oa.upm.es/231/>).

Herrera, M. (2021). *INGENIERÍA DEL SOFTWARE: METODOLOGÍAS Y CICLOS DE VIDA* Laboratorio Nacional de Calidad del Software. Recuperado 07 agosto de 2021. (https://www.academia.edu/9795641/INGENIER%C3%8DA_DEL_SOFTWARE_METODOLOG%C3%8DAS_Y_CICLOS_DE_VIDA_Laboratorio_Nacional_de_Calidad_del_Software).

Ibanez, P., & Garcia, G. (2009). *Informatica/ Computer Science*. Cengage Learning Latin America.

Introducción al patrón BLoC. (2020, marzo 26). Xurxodev | Desarrollador Android y Flutter Freelance. Recuperado 07 agosto de 2021 (<http://xurxodev.com/introduccion-al-patron-bloc/>).

LA APP SALUDEC YA ESTÁ DISPONIBLE PARA EL SISTEMA iOS – Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2020, marzo 25). Recuperado 07 agosto de 2021. (<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/la-app-saludec-ya-esta-disponible-para-el-sistema-ios/>).

La cronología de la COVID-19 a un año de su declaración como pandemia. (2021, marzo 10). Recuperado 21 julio de 2021 ([https://www.aa.com.tr/es/mundo/la-cronología-de-la-COVID-19-a-un-año-de-su-declaración-como-pandemia/2171579](https://www.aa.com.tr/es/mundo/la-cronologia-de-la-COVID-19-a-un-año-de-su-declaración-como-pandemia/2171579)).

La Guía de Scrum. La Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego. noviembre PDF Descargar libre. (2021). Recuperado 10 agosto de 2021 (<https://docplayer.es/86026837-La-guia-de-scrum-la-guia-definitiva-de-scrum-las-reglas-del-juego-noviembre-2017.html>).

La OMS caracteriza a COVID-19 como una pandemia—OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. (2020, marzo 11). Recuperado 10 agosto de 2021 (<https://www.paho.org/es/noticias/11-3-2020-oms-caracteriza-COVID-19-como-pandemia>).

León-Álvarez, A. L., Betancur-Gómez, J. I., Jaimes-Barragán, F., Grisales-Romero, H., León-Álvarez, A. L., Betancur-Gómez, J. I., Jaimes-Barragán, F., & Grisales-Romero, H. (2016). Ronda clínica y epidemiológica. Series de tiempo. *Iatreia*, 29(3), 373-381. Recuperado 11 agosto de 2021 (<https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.v29n3a12>).

Limpieza y preprocesamiento de datos para principiantes con código en Python. (2020, marzo 3). *Aprende IA*. Recuperado 12 agosto de 2021 (<https://aprendeia.com/limpieza-y-procesamiento-de-datos-con-codigo-en-python/>).

Nace coVIDApp, una herramienta para facilitar el seguimiento de los pacientes con COVID-19 | Fundación Lucha contra el Sida. (2021, abril 28). Recuperado 11 agosto de 2021 (<https://www.flcida.org/es/blog/nace-covidapp-una-herramienta-para-facilitar-seguimiento-los-pacientes-COVID-19>).

Naharro, A. (2021). *Frameworks para desarrollo de aplicaciones móviles híbridas*. campusMVP.es. Recuperado 13 agosto de 2021 (<https://www.campusmvp.es/recursos/post/frameworks-para-desarrollo-de-aplicaciones-es-hibridas.aspx>).

Oran, D. P., & Topol, E. J. (2020). Prevalence of Asymptomatic SARS-CoV-2 Infection. *Annals of Internal Medicine*, 173(5), 362-367. Recuperado 13 agosto de 2021 (<https://doi.org/10.7326/M20-3012>).

Patrón Provider en flutter | Noé Montes. (2021). Recuperado 15 agosto de 2021 (<https://noemontes.dev/?p=234>).

PaxeraHealth anuncia lanzamiento de la aplicación CoronaCare. (2021, abril). Recuperado 16 agosto de 2021 (<https://www.elhospital.com/temas/PaxeraHealth-anuncia-lanzamiento-de-la-aplicacion-CoronaCare+133876>).

Qué es el coronavirus y su origen—Bupa Ecuador. (2020, marzo). Recuperado 17 agosto de 2021 (<https://www.bupasalud.com.ec/salud/coronavirus>).

¿Qué es una Pandemia? Definición y fases – CORONAPEDIA. (2020, marzo 20). Recuperado 17 agosto de 2021 (<https://www.coronapedia.org/base-conocimiento/que-es-una-pandemia-definicion-y-fases/>).

Qué es Flutter y por qué utilizarlo en la creación de tus apps. (2019, julio 5). *Quality Devs*. Recuperado 18 agosto de 2021 (<https://www.qualitydevs.com/2019/07/05/que-es-flutter/>).

Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). (2020, febrero 28). Recuperado 18 agosto de 2021 ([https://www.who.int/publications-detail-redirect/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-\(COVID-19\)](https://www.who.int/publications-detail-redirect/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-(COVID-19))).

Secom, U. (2020, agosto 13). APP “ASÍ” para combatir la pandemia. *Coronavirus Ecuador*. Recuperado 10 junio de 2021 (<https://www.coronavirusecuador.com/2020/08/app-asi-para-combatir-la-pandemia/>).

Stacey, N. (2020, octubre 30). *Las plataformas de telemedicina en Ecuador cumplen, o no, las necesidades de los profesionales de salud*. Recuperado 09 junio de 2021 (<https://www.edicionmedica.ec/opinion/las-plataformas-de-telemedicina-en-ecuador-cumplen-o-no-las-necesidades-de-los-profesionales-de-la-salud-2112>).

Stedman, C. (2021, mayo). *¿Qué es Análisis o analítica de datos? - Definición en WhatIs.com*. SearchDataCenter en Español. Recuperado 09 agosto de 2021 (<https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Analisis-de-Datos>)

Tecnologia-contra-COVID-19. (2021, mayo 8). Recuperado 10 agosto de 2021 (<https://campus.sanofi.es/noticias/2021/tecnologia-contra-COVID-19>).

Telematics, W. H. O. G. C. on H. (1998). *A Health Telematics Policy in Support of WHO'S Health-For-All Strategy for Global Development: Report of the WHO Group Consultation on Health Telematics 11-16 December, Geneva, 1997*. World Health Organization.

Template: COVID-19 pandemic data. (2021). En *Wikipedia*. Recuperado 11 agosto de 2021(https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Template:COVID-19_pandemic_data&oldid=1029770205).

Torres, N. N. (2016). Teleconsulta: Análisis de la herramienta de consulta médica virtual en el sistema de salud pública. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*. ISSN 2528-8083, 1(2), 23-26. Recuperado 15 agosto de 2021 (<https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol1iss2.2016pp23-26>).

Trujillo, Y. (2020, abril 20). *Gracias a la telemedicina, consultas no se detienen durante emergencia*. El Comercio. Recuperado 16 agosto de 2021 (<https://www.elcomercio.com/tendencias/sociedad/telemedicina-consultas-emergencia-salud-coronavirus.html>)

Una tecnología permite monitorear a distancia a pacientes con sospecha o con síntomas leves de COVID-19. (2021, mayo 14). AGÊNCIA FAPESP. Recuperado 16 agosto de 2021 (<https://agencia.fapesp.br/una-tecnologia-permite-monitorear-a-distancia-a-pacientes-con-sospecha-o-con-sintomas-leves-de-COVID-19/33162/>).

Universidades continúan sus actividades mediante aulas virtuales – Senescyt – Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación. (2020, marzo 19). Recuperado 17 agosto de 2021 (<https://www.educacionsuperior.gob.ec/universidades-continuan-sus-actividades-mediante-aulas-virtuales/>)

Velasco-Elizondo, P. (2015). *Arquitectura de Software: Conceptos y Ciclo de Desarrollo*. *Video llamada UltraHD. ¿Cómo hacer una videollamada?* (2021). Recuperado 18 agosto de 2021 (<https://trueconf.com/es/video-llamada.html>).

Virgantari, F., & Faridhan, Y. E. (2020). *K-Means Clustering of COVID-19 Cases in Indonesia's Provinces*. 7.

Visus, A. (2020, octubre). *¿Para qué sirve Python? Razones para utilizarlo | ESIC*. Recuperado 19 agosto de 2021 (<https://www.esic.edu/rethink/tecnologia/para-que-sirve-python>)

- Weekly epidemiological update on COVID-19—13 July 2021.* (2021, julio 13).
Recuperado 20 agosto de 2021 (<https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-COVID-19---13-july-2021>).
- What is Scrum?* (2021). Scrum.org. Recuperado 21 agosto de 2021
(<https://www.scrum.org/resources/what-is-scrum>).
- Wu, Z., & McGoogan, J. M. (2020a). Characteristics of and Important Lessons From the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China: Summary of a Report of 72 314 Cases From the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA*, 323(13), 1239. Recuperado 05 mayo de 2021
(<https://doi.org/10.1001/jama.2020.2648>).
- Wu, Z., & McGoogan, J. M. (2020b). Asymptomatic and Pre-Symptomatic COVID-19 in China. *Infectious Diseases of Poverty*, 9(1), 72. Recuperado 06 mayo de 2021
(<https://doi.org/10.1186/s40249-020-00679-2>).
- Yolanda Cristina Sánchez Sánchez. (2020, enero 17). 11 Ejemplos del Uso de las TICs en Educación. *Lifeder*. Recuperado 24 agosto de 2021
(<https://www.lifeder.com/ejemplos-tics-educacion/>).

Anexos