



**Prototipo low cost para detección y seguimiento a pacientes con posible contagio
SARS-COV-2 mediante saturación arterial de oxígeno y temperatura**

Gallegos Andrade, Daniela Johanna y Gallegos Andrade, José Alberto

Departamento de Ciencias de la Computación


Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas e Informática

Ing. Marcillo Parra, Diego Miguel


01 de marzo del 2023

Análisis de Urkund



magister

TRABAJO_TITULACION_GALLEGOS-DANIELA_GALLEGOS-JOSÉ



TRABAJO_TITULACION_GALLEGOS-DANIELA_GALLEGOS-JOSÉ.pdf

651765737873b0134cbc297a98a5369c5013f5

11 Mo

KARINA LORENA CELA ROSERO

31/3/2023

interface

31/3/2023

16.165

13.815

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes

#	Fuente	Similitudes	Palabras idénticas	Palabras idénticas (%)
1	https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52501/OPSIMSEIHCVID-19200012_spa.pdf	2	191	1% (191 palabras)
2	https://www.academia.edu/77112058/The_clinical_value_of_two_combination_regimens_in_the_Manag...	2	151	< 1% (151 palabras)
3	https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53112/OPSIMSHSSCOVID-19200035_spa.pdf?sequence...	2	128	< 1% (128 palabras)
4	http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/15801/5/T-ESPE-040736.pdf.txt	2	93	< 1% (93 palabras)
5	http://hdl.handle.net/20.500.14140/1053 Conocimiento y aplicación de medidas preventivas en Covid-19 de l...	2	65	< 1% (65 palabras)

#	Fuente	Similitudes	Palabras idénticas	Palabras idénticas (%)
6	http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/22363/5/T-ESPE-043697.PDF.txt	2	39	< 1% (39 palabras)
7	https://www.semanticscholar.org/paper/COVID-SAFE-An-IoT-Based-System-for-Automated-...	2	34	< 1% (34 palabras)
8	https://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/22529/1/T-ESPE-043855.pdf	2	33	< 1% (33 palabras)
9	https://www.paho.org/es/temas/coronavirus Coronavirus - OPS/OMS Organización Panamericana de la Salud	2	33	< 1% (33 palabras)
10	http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/20424/5/T-ESPE-038837.pdf.txt	2	30	< 1% (30 palabras)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- 1 <https://doi.org/10.1186/s12882-020-02020-3>
- 2 <https://frappeframework.com/docs/v14/user/en/basics/whyy>
- 3 <https://www.murata.com/>
- 4 <https://doi.org/10.1016/j.rceng.2020.07.001>
- 5 <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/859400/MAXIM/MAX30102.html>

DIEGO
MIGUEL
MARCILLO
PARRA

Firmado digitalmente por
DIEGO MIGUEL
MARCILLO
PARRA

Certificación



Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, “**Prototipo low cost para detección y seguimiento a pacientes con posible contagio SARS-COV-2 mediante saturación arterial de oxígeno y temperatura**” fue realizado por los señores **Gallegos Andrade, Daniela Johanna** y **Gallegos Andrade, José Alberto**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenido; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 01 de marzo del 2023

Firma:

DIEGO MIGUEL
MARCILLO
PARRA

Firmado
digitalmente por
DIEGO MIGUEL
MARCILLO PARRA

PhD. Marcillo Parra, Diego Miguel

Tutor de tesis

C.C.: 1710802925

Responsabilidad de autoría



Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, Gallegos Andrade, Daniela Johanna y Gallegos Andrade, José Alberto, con cédulas de ciudadanía n° 1751300714 y n° 1751300748, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "Prototipo low cost para detección y seguimiento a pacientes con posible contagio SARS-COV-2 mediante saturación arterial de oxígeno y temperatura" 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.

Sangolquí, 01 de marzo del 2023

Firma

Firma

Gallegos Andrade, Daniela Johanna

C.C.: 1751300714

Gallegos Andrade, José Alberto

C.C.: 1751300748

Autorización de publicación



Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática

Autorización de Publicación

Nosotros, Gallegos Andrade, Daniela Johanna y Gallegos Andrade, José Alberto, con cédulas de ciudadanía n° 1751300714 y n° 1751300748, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "Prototipo low cost para detección y seguimiento a pacientes con posible contagio SARS-COV-2 mediante saturación arterial de oxígeno y temperatura" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 01 de marzo del 2023

Firma

Firma

Gallegos Andrade, Daniela Johanna

C.C.: 1751300714

Gallegos Andrade, José Alberto

C.C.: 1751300748

Dedicatoria

Le dedico el resultado de este trabajo principalmente, a mis padres que me apoyaron y contuvieron durante toda la etapa universitaria, en los buenos y malos momentos. Me han enseñaron y guiaron para poder ser la persona que soy hoy y cumplir mis objetivos. También de la dedico a abuelita, mis tías y primos de Cayambe, que igualmente me supieron ayudar y apoyar cuando fue necesario.

Gallegos Andrade, Daniela Johanna

El trabajo se lo dedico a mis padres y a mi hermana, pues han sido el pilar fundamental en mi vida, sus consejos, su guía, su apoyo en las noches de desvelo y en los momentos que más dudas generaron en mí. Por ellos soy la persona que soy y ellos son el motivo por el cual espero ser mejor cada día. A mis abuelitas, mis primos y mis tios ya que a lo largo de mi vida tengo la fortuna de tener una familia muy unida y muy generosa, han sido un gran apoyo en los buenos y malos momentos siendo siempre un apoyo muy importante para mí.

Gallegos Andrade, José Alberto

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a mi madre Martha y a mi padre José por todo su apoyo, amor y confianza durante toda esta etapa universitaria, a mi hermano y compañero de tesis, por ayudarme y alentarme con la realización de este proyecto, así como también con mi paso por la universidad.

A mi abuelita Rosa, por sus enseñanzas y su cariño a lo largo de toda la vida. Gracias por acompañarme durante este viaje.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por darme la oportunidad de formarme como un profesional.

A los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por los conocimientos que compartieron durante mi formación profesional, especialmente al Ing. Diego Marcillo, tutor del presente proyecto de tesis, por guiarme durante esta última etapa universitaria.

A mis compañeros de la universidad, por todos los momentos que compartimos juntos y todas las experiencias vividas que siempre las recordaremos, sobre todo a mis amigos Michael, Renzo, Abigail, Bryan, Gabriela y Kevin.

A mis compañeros y amigos de la vida, Santi, Cris e Inti por confiar en mi desde el inicio, por apoyarme y alentarme durante mi etapa universitaria y laboral, tengo la seguridad de que podemos lograr muchas cosas juntos.

Gallegos Andrade, Daniela Johanna

Agradezco a Dios por bendecirme con una gran familia y por darme la fuerza para afrontar cada obstáculo de la vida y de esta forma ser una mejor persona. Agradezco a mi madre Martha y mi padre José por su amor, paciencia y confianza, gracias a sus consejos y a su guía sigo creciendo como persona cada día. A mi hermana que me ha tenido mucha paciencia, me ha permitido ver el mundo desde otra perspectiva, ha sido la mejor compañera y a pesar de las discusiones siempre me apoya.

A mis abuelitas, a mis tíos y a mis primos que han estado presentes en todo momento, agradecerles por los fines de semana en familia, por siempre mostrarme su amor, aprecio y cariño. Agradecerles sus consejos, consejos que siempre los tomo en cuenta al momento de tomar mis decisiones.

A la Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE, ya que lo considero mi segundo hogar, lugar que al visitar siempre me trae buenos recuerdos de mi época de estudiante, la universidad me dejó una huella imborrable, compuesta de personas, momentos y obstáculos que me siguen ayudando a crecer tanto como persona y como profesional.

A los docentes de la universidad, por su apoyo, por su dedicación, por su manera de compartirme su conocimiento, por la buena actitud que siempre demostraron. De forma muy especial agradecer al Ingeniero Diego Marcillo, quien desde que lo conozco siempre ha tenido una gran actitud conmigo, siempre me ha demostrado ser una gran persona y para mí ha sido un gran ejemplo tanto como persona, como profesional.

A mis compañeros quienes fueron un punto clave, son con quienes compartí la mayor parte del tiempo, Aunque vivimos momentos alegres, amargos, discusiones, etc. siempre fueron un gran apoyo, me dieron fuerza para afrontar los obstáculos que se presentaron.

Gallegos Andrade, José Alberto

Índice de contenidos

Análisis de Urkund	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	8
Resumen	18
Abstract	19
Capítulo I	20
Introducción	20
Antecedentes	20
Planteamiento del Problema	24
Justificación	25
Objetivos	26
Objetivo General	26
Objetivos Específicos	27
Alcance	27
Hipótesis	29
Capítulo II	30
Marco Metodológico	30

Estado del arte	30
Planteamiento de la Revisión Sistemática.....	30
Definición del grupo de control y extracción de términos.....	31
Construcción de la Cadena de Búsqueda	33
Selección de los Estudios Primarios.....	33
Elaboración de Estado de Arte	35
Características del Estado del Arte	43
Metodología.....	43
Metodología Design Science.....	43
Marco Teórico	45
Red de Categorías	45
Fundamentación Científica de la Variable Independiente.....	45
Dispositivos Electrónicos.....	45
Dispositivos Low Cost	46
Dispositivos para medir SpO2 y temperatura	46
Fundamentación Científica de la Variable Dependiente	47
Síntomas de COVID-19.....	47
Monitoreo de Síntomas de COVID-19	48
Monitoreo de SpO2 y temperatura en casos de Covid-19 y las mediciones estándar	49
Capítulo III.....	50
Modelo Propuesto.....	50
Arquitectura de software	50

Aplicación Web.....	51
Framework Frappe	51
Despliegue en AWS	52
Funcionalidad	58
Perfil de Doctor	59
Perfil de Usuario	64
Aplicación Móvil.....	66
Login Exitoso	68
Login Fallido	68
Gestión del bluetooth.....	69
Envío de medidas exitoso	71
Envío de medidas fallido	73
Registro manual de medidas exitoso	74
Registro manual de medidas fallido	75
Prototipo Dispositivo	76
Materiales	76
Costo del prototipo	77
Diagrama del prototipo	78
Desarrollo del prototipo	78
Análisis de rango personalizado de SpO2	82
Análisis de temperatura	83
Capítulo IV	84
Evaluación.....	84
Análisis de rango personalizado de SpO2	84

Análisis de temperatura	93
Prototipo Dispositivo	93
Capítulo V	95
Conclusiones y Recomendaciones	95
Conclusiones.....	95
Recomendaciones.....	96
Bibliografía	97

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Relación entre objetivos y pregunta de investigación</i>	28
Tabla 2 <i>Grupo de Control</i>	32
Tabla 3 <i>Estudios primarios</i>	34
Tabla 4 Elementos y precios usados en el dispositivo	77

Índice de Figuras

Figura 1 Planteamiento de la Revisión Sistemática.....	30
Figura 2 <i>Red de Categorías</i>	45
Figura 3 Arquitectura de software	50
Figura 4 Lanzar instancia - paso 1	52
Figura 5 Lanzar instancia - paso 2	53
Figura 6 Lanzar instancia - paso 3	53
Figura 7 Lanzar instancia - paso 4	54
Figura 8 Lanzar instancia - paso 5	54
Figura 9 Configuración swap - paso 1	55
Figura 10 Configuración swap - paso 2.....	55
Figura 11 Configuración swap - paso 3.....	56
Figura 12 Configuración swap - paso 4.....	56
Figura 13 Configuración swap - paso 5.....	57
Figura 14 Configuración swap - paso 6.....	57
Figura 15 Configuración swap - paso 7.....	58
Figura 16 Pantalla inicio perfil de doctor	59
Figura 17 Lista de medidas de los usuarios.....	60
Figura 18 Detalle de la medida.....	60
Figura 19 Crear nuevo usuario	61

Figura 20 Reporte de usuarios	62
Figura 21 Gráficos de las medidas del usuario	62
Figura 22 Gráficos y tabla de las medidas del usuario	63
Figura 23 Reporte de alertas	63
Figura 24 Pantalla inicio perfil de usuario	64
Figura 25 Lista de medidas del usuario.....	65
Figura 26 Detalle de la medida del usuario.....	65
Figura 27 Gráficos de las medidas del usuario	66
Figura 28 Gráficos y tabla de las medidas del usuario	66
Figura 29 Inicio de sesión exitoso	68
Figura 30 Inicio de sesión fallido	69
Figura 31 Conexión de bluetooth.....	70
Figura 32 Conexión de bluetooth 2	71
Figura 33 Envío de medidas.....	72
Figura 34 Envío de medidas exitoso	73
Figura 35 Envío de medidas fallido	74
Figura 36 Ingreso manual de medidas.....	75
Figura 37 Ingreso manual de medidas fallido	76
Figura 38 Diagrama de conexiones del dispositivo.....	78
Figura 39 MAX30100 System Block Diagram	80

Figura 40 Dispositivo armado	81
Figura 41 Dispositivo funcionando	82
Figura 42 Análisis del rango personalizado de las ultimas 20 medidas (Bhogal & Mani, 2017)	85
Figura 43 Análisis del rango personalizado de las ultimas 100 medidas (Bhogal & Mani, 2017)	86
Figura 44 Análisis del rango personalizado de las ultimas 500 medidas (Bhogal & Mani, 2017)	87
Figura 45 Análisis del rango personalizado de las ultimas 1000 medidas (Bhogal & Mani, 2017)	88
Figura 46 Análisis del rango personalizado de las ultimas 20 medidas (Pimentel et al., 2017)	89
Figura 47 Análisis del rango personalizado de las ultimas 100 medidas (Pimentel et al., 2017)	90
Figura 48 Análisis del rango personalizado de las ultimas 500 medidas (Pimentel et al., 2017)	91
Figura 49 Análisis del rango personalizado de las ultimas 1000 medidas (Pimentel et al., 2017)	92

Resumen

Debido a la pandemia que afecto al mundo en el año 2020, que se trataba de una enfermedad nueva, que afectaba a las vías respiratorias de las personas contagiadas, muy similar a una gripe pero con síntomas mucho más fuertes, causando en la mayoría de los casos la muerte. Debido a esto surgen varias investigaciones sobre los síntomas del contagio y como poder detectarlo en el menor tiempo posible con el objetivo de dar un tratamiento adecuado y a tiempo. La variación en el SpO2 resulta ser uno de los síntomas que presentaron la mayoría de los pacientes haciendo que la OMS lo presente como uno de los principales síntomas para detectar si un paciente tiene o no COVID-19. En el presente trabajo se revisaron investigaciones en las que realizaban seguimientos a pacientes que fueron diagnosticados con COVID-19, por lo que se decidió realizar un seguimiento preventivo, para detectar posibles casos de COVID-19. Se construyó un prototipo para la recolección de medidas de SpO2, el cual envía las medidas recolectadas a una aplicación móvil a través de bluetooth y la aplicación permite el envío de las medidas a una aplicación web en la que el paciente y el doctor puede visualizar el historial de las medidas recolectadas, adicionalmente la aplicación web, se encarga de generar alertas por correo electrónico cuando detecte una medida que se encuentre fuera del rango recomendado (menor a 94%) o fuera de un rango personalizado. Las alertas enviadas por la aplicación web le servirán al doctor para que pueda considerar si el paciente requiere o no un seguimiento más profundo. Las medidas recolectadas por el dispositivo fueron comparadas con un oxímetro obteniendo una pequeña variación, adicionalmente fueron validadas por un profesional de la salud el cual indicó que las alertas sirven como una guía al doctor para saber el estado del paciente.

Palabras clave: spo2, covid-19, prototipo, arduino, sensor max30102.

Abstract

In 2020 a pandemic affected the whole world, it was a new disease very similar to the flu but with much stronger symptoms that affected the respiratory tract of people, causing death in most cases. Due to this, several investigations arose about the symptoms of the disease, how it was spread and if there was any way in which it can be detected in the shortest possible time with the aim of giving adequate and timely treatment. The variation in SpO₂ turned out to be one of the symptoms that most of the patients presented, causing the WHO to present it as one of the main symptoms to detect whether or not a patient has COVID-19. In the present work, investigations were reviewed in which follow-ups were carried out on patients who were diagnosed with COVID-19, for which it was decided to carry out a preventive follow-up, to detect possible cases of COVID-19. A prototype for the collection of SpO₂ measurements was built, which sends the collected measurements to a mobile application via bluetooth and the application allows sending the measurements to a web application in which the patient and the doctor can view the data history of collected measurements. Additionally, the web application is responsible for generating email alerts when it detects a measurement that is outside the recommended range (less than 94%) or outside a custom range. The alerts sent by the web application will help the doctor to consider whether or not the patient requires more in-depth follow-up. The measurements collected by the device were compared with an oximeter obtaining a small variation, additionally they were validated by a health professional who indicated that the alerts serve as a guide for the doctor to know the patient's condition.

Key words: spo₂, covid-19, prototype, arduino, max30102 sensor.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

Existe una familia de virus llamados coronavirus (CoV), estos pueden causar enfermedades leves por ejemplo el resfriado común o enfermedades muy graves (Selene Rivera, 2020). En diciembre de 2019 en Wuhan (China) se notificó la detección de una nueva cepa de coronavirus, es decir, una cepa que no ha sido identificada previamente en el ser humano. Esta cepa es conocida con el nombre de 2019-nCov o COVID-19 (Organización Panamericana de la Salud, 2021).

El 30 de enero de 2020 la OMS declara a la epidemia COVID-19 una emergencia de salud pública de preocupación internacional (Selene Rivera, 2020).

El 11 de marzo de 2020 se anunció que la enfermedad coronavirus 2019 (COVID-19) puede caracterizarse como una pandemia. Lo que significa que la epidemia se extendió por varios países (Selene Rivera, 2020).

Los coronavirus se pueden contagiar de los animales a las personas (transmisión zoonótica). Esto se ha visto en casos como el SARS-CoV y el MERS-CoV y según estudios se conoce de otros coronavirus circulando entre animales que todavía no han infectado al ser humano (Organización Panamericana de la Salud, 2021).

El virus de la COVID-19 se propaga principalmente a través de las gotículas de saliva o de las secreciones nasales que se generan cuando una persona infectada tose o estornuda. Las recomendaciones de la OMS para evitar o disminuir la propagación del virus son (WHO, 2021):

- Buena higiene de manos.
- Buena higiene respiratoria (cubrirse la boca y la nariz, al toser y estornudar).

- Cocción completa de la carne y los huevos.
- Evitar el contacto con cualquier persona que presente signos de afección respiratoria, como tos o estornudos.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) publicó el documento "Algoritmo de manejo de pacientes con sospecha de infección por COVID-19 en el primer nivel de atención y en zonas remotas de la Región de las Américas" en julio del 2020. En dicho documento se observa un algoritmo sobre el procedimiento a seguir con los posibles pacientes.

Según el documento, los síntomas y factores de riesgo asociados con la COVID-19 son:

- Fiebre mayor a 38° C, con tos seca y/o dificultad respiratoria.
- Disnea, artralgia, mialgia, anosmia, astenia, disgeusia, diarrea, dolor abdominal, diarrea persistente, dolor de cabeza, escalofríos, fatiga y/o dolor de garganta.
- Un paciente con enfermedad respiratoria aguda y la ausencia de un diagnóstico alternativo que explique la presentación clínica.

El siguiente paso es identificar la gravedad de la infección. Para identificar la gravedad se toman en cuenta los siguientes parámetros: SpO2 <94% o frecuencia respiratoria alta para la edad (>20 en adultos) o presencia de signos de emergencia como: dificultad respiratoria, dolor o presión persistente en el pecho, confusión, incapacidad de despertarse o permanecer despierto, coloración azulada en labios o rostro.

A partir de este punto el SpO2 juega un papel importante tanto para identificar la gravedad de la infección, como para el monitoreo de los pacientes e identificar posibles mejoras.

1. Síntomas

De acuerdo con el documento “Manejo clínico de COVID 19” (WHO, 2021) publicado por la organización mundial de la Salud, los síntomas asociados con el COVID 19 que se presentan antes de los problemas respiratorios, son la anosmia (perdida de olfato) y la ageusia (perdida del gusto).

Otros síntomas adicionales que suelen presentarse son:

- Fiebre del 83 a 99% de los casos.
- Tos del 59 a 82% de los casos.
- Fatiga del 44 a 70% de los casos.
- Anorexia del 40 a 84% de los casos.
- Dificultad para respirar del 31 a 40% de los casos.
- Mialgias del 11 a 35% de los casos.
- Dolor de garganta.
- Congestión nasal.
- Dolor de cabeza.
- Diarrea.
- Náuseas.
- Vómitos. (WHO, 2020)

Se encontraron síntomas a nivel neurológico como mareos, agitación, debilidad, convulsiones, en ciertos casos indicios de accidente cerebrovascular, causando problemas en el habla o la visión, así como la pérdida sensorial, problemas con el equilibrio al pararse o caminar (WHO, 2020).

En el caso de las personas mayores se pueden presentar síntomas como fatiga, disminución del estado de alerta, movilidad reducida, diarrea, pérdida de apetito, confusión y ausencia de fiebre (WHO, 2020).

Se conoce que en los niños no se presentaron síntomas de fiebre o tos, como en los adultos que se registró en el 83% de los casos (WHO, 2020).

2. Línea de tiempo del COVID 19 en el cuerpo

En el día 1, el paciente empieza con síntomas en la garganta, como dolor y tos seca, además presentan fiebre, fatiga y dolor muscular; los primeros síntomas que se muestran son fiebre en el 88% de los casos, posteriormente tos seca en el 68%, además de fatiga y debilidad general del cuerpo en el 38% de los casos y tos con flema en el 33%.

Entre el día 2-3, el virus se propaga por las vías respiratorias hacia los pulmones, lo cual provoca dificultad para respirar.

En el día 7, las membranas de los pulmones se inflaman, por lo general la persona es admitida al hospital, si persiste con problemas para respirar. Según JAMA, las personas se quedan sin aliento luego de cinco días iniciados los síntomas.

En el día 8, se presenta dificultad respiratoria aguda, los pulmones ya dejan de funcionar con normalidad, razón por la que es muy probable que el paciente presente neumonía, además de esto, el paciente puede presentar náuseas, diarrea o indigestión en caso de que se infecten las células del sistema gastrointestinal, provocando en los casos más graves insuficiencia orgánica y la muerte.

Para el día 10, en caso de que las reacciones sean bastante fuertes, ya se requiere la Unidad de Cuidado Intensivo.

En el día 12, la fiebre empieza a cesar.

Del día 12-13, el paciente puede respirar mejor, con posibilidades de que se recupere en un rango estimado de dos semanas para casos leves y entre tres y seis semanas para casos más graves.

En los casos más afectados el día 18 pueden fallecer, de no ser así a partir de este día el paciente ya empieza a recuperarse, en un tiempo promedio de dos semanas para los casos más leves (Organización Panamericana de la Salud, 2019a).

Planteamiento del Problema

En el año 2020 se detectó una nueva cepa de coronavirus llamada Covid-19, esta pertenece a una familia de virus llamados coronavirus que pueden causar desde enfermedades muy leves como un resfriado común hasta enfermedades críticas (Organización Panamericana de la Salud, 2021). Este virus que empezó en China se extendió de forma alarmante y a los pocos meses pasó de ser una epidemia a una pandemia (Organización Panamericana de la Salud, 2021).

Los coronavirus suelen ser virus de transmisión zoonótica, es decir, que su transmisión se da de animales a personas y generalmente pueden causar fiebre, síntomas respiratorios, neumonía, entre otros (Organización Panamericana de la Salud, 2019b).

En el caso de COVID-19 su método de propagación se da a través de las gotículas de saliva o por secreciones nasales generadas cuando una persona infectada tose (WHO, 2020).

En el mes de marzo del 2020 se declara cuarentena en varios países y muchas empresas comienzan la búsqueda de una vacuna que pueda contrarrestar o controlar los efectos del Covid-19. Mientras avanza la carrera por encontrar una vacuna eficaz se plantea el uso de las pruebas RT-PCR (reacción en cadena de la polimerasa) que pueden detectar el material genético (ARN) del virus. (Organización Panamericana de la Salud, 2016) Sin embargo estas pruebas no son accesibles para todo el mundo, ya sea por su disponibilidad o

por su costo, que en el mes de abril en Ecuador el fijado por el Ministerio de Salud era de aproximadamente \$45 mientras que en meses anteriores en algunos laboratorios oscilaba entre \$70, \$78 y \$80 (El Universo, 2021)

Actualmente, la forma de identificar si una persona esta contagiada de Covid-19 es con una prueba PCR que se utiliza para diagnosticar a las personas contagiadas de SARS-CoV-2, el coronavirus provocado causado por el Covid-19. Si la prueba da un resultado positivo la probabilidad de que este infectado por el virus es muy alta. En caso de que la prueba de un resultado negativo puede ser por que no estaba infectado en el momento en que se realizó la prueba, sin embargo, es posible que haya dado este resultado y estar infectado, esto sucede cuando el tiempo de contagio es tan pequeño que no hay suficiente virus para poder ser detectado por la prueba (Clinic, s/f).

No hay una forma de identificar un posible caso de Covid-19 en la etapa más temprana, la manera de identificar si una persona esta contagiada es cuando ya ha estado contagiada por al menos una semana.

Justificación

En los últimos años, el mundo ha sufrido una gran crisis sanitaria provocada por el virus mejor conocido como COVID-19, que fue declarado pandemia por la Organización Mundial de la Salud, razón por la cual los países tomaron la decisión de entrar en una cuarentena a nivel mundial, con el fin de minimizar los contagios que se estaban presentando. Al ser un nuevo virus, los profesionales de la salud se encuentran aun tratando de combatir los problemas causados en los pacientes, a pesar de contar con varias vacunas capaces de minimizar los síntomas causados por el COVID-19; por lo cual se han realizado numerosos estudios, para detectar medidas específicas con las que puedan establecer si los pacientes tratados están enfermos por causa del virus o de otra enfermedad.

Dentro de las medidas que se están utilizando en numerosos estudios como determinante entre pacientes con COVID-19 son la saturación de oxígeno en la sangre (SpO₂) y la temperatura de los pacientes, (Sohrabi et al., 2021) ya que en varios pacientes se han detectado niveles menores al 90% en el momento en que son atendidos por los médicos, así como también se han presentado mejorías en las mediciones de la saturación de oxígeno en la sangre o SpO₂ en los pacientes que fueron tratados, llegando a los niveles normales que son mayor o igual al 93% (Asgharpour et al., 2020).

Adicionalmente, la OMS determinó que la medición de SpO₂ y la temperatura son un factor importante en pacientes con COVID-19, razón por la cual se planteó hacer el prototipo de un dispositivo electrónico low cost, capaz de medir el SpO₂ y la temperatura, que pueda tomar las mediciones y con el uso de técnicas de procesamiento y análisis de datos en tiempo real, detecte la existencia de alguna irregularidad y envíe una alerta al médico, con el fin de que este profesional al conocer el historial del paciente considere si con los datos registrados, se requiere de una revisión presencial o no (O'Carroll et al., 2020), todo esto con el fin de poder detectar posibles casos de COVID-19 de forma temprana y tratarlas a tiempo.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar el prototipo de un sistema de control de la saturación arterial de oxígeno (SpO₂) y temperatura utilizando el modelo low cost, con técnicas de procesamiento y análisis de datos en tiempo real para generar alertas en posibles casos de COVID, las que deberán ser confirmadas o descartadas por personal médico.

Objetivos Específicos

- Realizar una revisión sistemática de la literatura acerca de qué dispositivos y herramientas se están utilizando para la medición y análisis de las variaciones de SpO₂.
- Desarrollar un sistema de monitoreo para la medición de SpO₂ y temperatura low cost, mediante visualizadores de contenido (dashboard), con técnicas de procesamiento y análisis de datos en tiempo real.
- Validar el prototipo planteado, con el apoyo de un profesional de la salud para realizar la valoración respectiva en cuanto a las medidas de SpO₂ obtenidas con el mismo.

Alcance

El proyecto consta de las siguientes etapas:

- La elaboración del prototipo de un dispositivo electrónico low cost, que mediante un sensor permita el monitoreo de la saturación de oxígeno en la sangre (SpO₂) y la temperatura.
- La elaboración de un sistema informático que utilice las medidas recolectadas por el prototipo como entrada, siendo el encargado del procesamiento y análisis de las medidas recolectadas, así como también de la generación de alertas tempranas al detectar una medida irregular.
- Almacenamiento de las medidas recolectadas y la presentación de los históricos de las medidas en un dashboard.

Las partes del sistema informático son:

- Frontend.
 - Gestión de usuarios.
 - CRUD de usuarios tipo Paciente y Doctor.
 - Registro del prototipo.

- Dashboard con datos recolectados por el prototipo del sistema low cost.
 - En caso de ingresar con el perfil de Paciente se debe mostrar el dashboard con los datos del paciente.
 - En el caso del caso de ingresar con el perfil de Doctor se debe mostrar el dashboard con un buscador que permita visualizar los datos según el paciente seleccionado.
- El doctor debe tener acceso a un dashboard con las alertas que han sido generadas para sus pacientes.
- Login.
- Reseteo de contraseña.
- Backend
 - Es la sección que contiene el algoritmo para el procesamiento y análisis de las mediciones en tiempo real.
 - Recolección de datos de sensores y formato de trama de transmisión

Para poder definir de mejor manera el alcance de la investigación planteada, a continuación, se proponen preguntas de investigación que se encuentran asociadas a los objetivos específicos, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Relación entre objetivos y pregunta de investigación

Objetivo Específico	Preguntas de investigación
<p>OE1. Realizar una revisión sistemática de la literatura acerca de qué dispositivos y herramientas low cost se están utilizando para la medición y análisis de las variaciones de SpO2.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • RQ1: ¿Qué dispositivos se han utilizado para obtener mediciones de SpO2? • RQ2: ¿Qué herramientas se han utilizado para el análisis de variaciones de SpO2?

Objetivo Específico	Preguntas de investigación
<p>OE2. Desarrollar un sistema de monitoreo para la medición de SpO2 y temperatura low cost, mediante visualizadores de contenido (dashboard), con técnicas de procesamiento y análisis de datos en tiempo real.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • RQ3: ¿Con qué componentes se logrará que el dispositivo sea low cost? • RQ4: ¿Qué técnicas de procesamiento y visualización de datos se utilizarán en el desarrollo de la plataforma?
<p>OE3. Validar el prototipo planteado, con el apoyo de un profesional de la salud para realizar la valoración respectiva en cuanto a las medidas de SpO2 obtenidas con el mismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • RQ5: ¿Son correctas las mediciones obtenidas con el prototipo? • RQ5: ¿Existen casos en que la medida de SpO2 obtenida no sirva para identificar un posible caso de COVID-19?

Hipótesis

El dashboard presenta los datos recolectados por el prototipo del sistema low cost y genera alertas en caso de encontrar anomalías en las medidas recolectadas.

Capítulo II

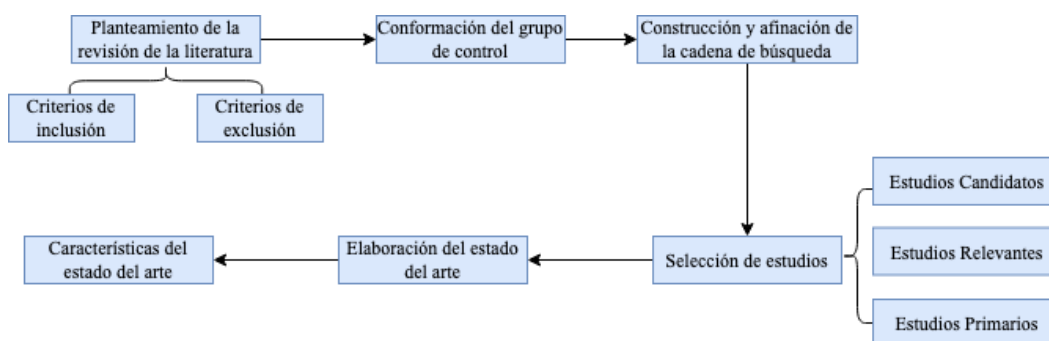
Marco Metodológico

Estado del arte

Para poder realizar el estado del arte del trabajo, se utilizó como referencia la guía propuesta, que contienen varias estrategias metodológicas para la construcción de este, las cuales se pueden ver en la siguiente **Figura 1**.

Figura 1

Planteamiento de la Revisión Sistemática



Planteamiento de la Revisión Sistemática

En esta fase se realizó una estrategia de búsqueda que cuenta con 3 fases principales:

- Establecer los criterios de inclusión y exclusión.
- Formar el grupo de control.
- Componer la cadena de búsqueda.

Es por lo que, siendo 2 investigadores a cargo de la búsqueda de información, se establecerán los criterios de inclusión y exclusión para tener claro cuáles son los estudios que servirán a la investigación y cuáles no; posteriormente y tomando en cuenta los criterios anteriormente establecidos, se forma el grupo de control y con éste, la conformación de la

cadena de búsqueda que nos da como resultado los estudios que se utilizarán en el resto de la investigación.

Criterios de inclusión

- Estudios de los 2 últimos años, enfocados en la sintomatología de pacientes con COVID-19.
- Estudios de los 2 últimos años, que analicen la medición de saturación de oxígeno en la sangre (SpO2) como variación causada por COVID-19.
- Estudios de los 2 últimos años, que propongan prototipos, sistemas o hagan uso de uno de estos, para la medición de saturación de oxígeno en la sangre.

Criterios de exclusión

- Estudios de los 2 últimos años acerca de COVID-19, que no traten sobre la sintomatología de los pacientes.
- Estudios de los 2 últimos años acerca de COVID-19, que no utilicen la medición de saturación de oxígeno en la sangre (SpO2) como un síntoma indicador de posible COVID-19.
- Estudios de los 2 últimos años, que no utilicen algún tipo de prototipos o sistemas con el fin de medir la saturación de oxígeno en la sangre.

Definición del grupo de control y extracción de términos

El grupo de control es el conjunto de estudios que tienen como objetivo dar respuesta a los criterios de inclusión anteriormente planteados, por otro lado, también se utiliza el grupo de control para la generación de la cadena de búsqueda (Petersen, Feldt, Mujtaba, & Mattsson, 2008).

Para la investigación del grupo de control, fue necesaria la participación de al menos dos investigadores y cada uno propuso varios estudios que puedan ser parte de este proceso,

cumpliendo con los criterios de inclusión, posteriormente se aplicó una validación cruzada logrando así establecer cuál sería el grupo de control adecuado, obteniendo un resultado de 4 estudios, los cuales se indican en la Tabla 2.

Tabla 2

Grupo de Control

Título	Cita	Palabras Clave
Sociodemographic determinants and clinical risk factors associated with COVID-19 severity: a cross-sectional analysis of over 200,000 patients in Tehran, Iran	(Sohrabi et al., 2021)	Blood oxygen saturation, COVID-19, Determinants, Health outcome, Iran, Severity, SARS-CoV-2
Effectiveness of extracorporeal blood purification (hemoadsorption) in patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19)	(Asgharpour et al., 2020)	Coronavirus infection, Extracorporeal dialysis, Critical illness
Evaluation of the effectiveness and safety of adding ivermectin to treatment in severe COVID-19 patients	(Okumuş et al., 2021)	SARS CoV-2, COVID-19, Ivermectin, Treatment
Statins in patients with COVID-19: a retrospective cohort study in Iranian COVID-19 patients	(Peymani et al., 2021)	COVID-19, SARS-CoV-2, Statins, Repurposing, Pleiotropic effects, Retrospective study

Construcción de la Cadena de Búsqueda

Con las palabras clave que fueron obtenidas de los artículos científicos del grupo de control, se conformó la cadena de búsqueda: ((“SPO2p” OR “OXYGEN SATURATION”) AND (“COVID 19” OR “CORONAVIRUS”) AND (“TREATMENT” OR “CORONAVIRUS INFECTION”)), ésta cadena de búsqueda fue utilizada en la base digital Springer Link, dando como resultado cerca de mil seiscientos resultados, por lo que luego de realizar diferentes pruebas, y aumentando ciertos términos para que la búsqueda sea más específica, se seleccionó la cadena: ((“SPO2” OR “SPO2 MEASUREMENT” OR “OXYGEN SATURATION”) AND (“COVID” OR “COVID 19” OR “CORONAVIRUS”) AND (“COVID 19 PATIENTS” OR “COVID 19 EFFECTS”)).

Selección de los Estudios Primarios

Para realizar la selección de los estudios se utilizarán los resultados obtenidos con la cadena de búsqueda, que para el presente caso se la utilizó en 3 bases digitales, obteniéndose 147 estudios candidatos al aplicar la cadena en la base digital Springer Link, así como 17 estudios candidatos en la base digital IEEE y 337 estudios candidatos en la base digital Pubmed, debiéndose mencionar que entre los resultados de estudios obtenidos con la cadena de búsqueda, se consiguieron la mayor parte de los artículos del grupo de control.

De éstos 501 estudios candidatos, se procedió a seleccionar los relevantes utilizando los criterios de inclusión y exclusión, cada uno de los investigadores aplicó dichos criterios en los títulos, resumen y las palabras claves para discutirlos en conjunto y de esta manera llegar a un acuerdo sobre los 35 estudios relevantes.

Por último, se seleccionaron los estudios primarios y para esto se realizó una revisión exhaustiva de los criterios de inclusión y exclusión en el documento completo, logrando así

que se reduzcan a 13, los cuales constituyen la base para realizar el estudio del estado del arte y se muestran en la

Tabla 3.

Tabla 3

Estudios primarios

Código	Título	Cita
EP1	Sociodemographic determinants and clinical risk factors associated with COVID-19 severity: a cross-sectional analysis of over 200,000 patients in Tehran, Iran	(Sohrabi et al., 2021)
EP2	Effectiveness of extracorporeal blood purification (hemoadsorption) in patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19)	(Asgharpour et al., 2020)
EP3	Evaluation of the effectiveness and safety of adding ivermectin to treatment in severe COVID-19 patients	(Okumuş et al., 2021)
EP4	Statins in patients with COVID-19: a retrospective cohort study in Iranian COVID-19 patients	(Peymani et al., 2021)
EP5	Remote monitoring of oxygen saturation in individuals with COVID-19 pneumonia	(O'Carroll et al., 2020)
EP6	The clinical value of two combination regimens in the Management of Patients Suffering from Covid-19 pneumonia: a single centered, retrospective, observational study	(Vahedi et al., 2020)
EP7	Helmet continuous positive airway pressure versus high-flow nasal cannula in COVID-19: a pragmatic randomised clinical trial (COVID HELMET)	(Tverring et al., 2020)
EP8	COVID-19 pneumonia treated with ultra-low doses of radiotherapy (ULTRA-COVID study): a single institution report of two cases.	(Moreno-Olmedo et al., 2021)

Código	Título	Cita
EP9	Expert consensus statements for the management of COVID-19-related acute respiratory failure using a Delphi method.	(Nasa et al., 2021)
EP10	COVID-SAFE: An IoT-Based System for Automated Health Monitoring and Surveillance in Post-Pandemic Life	(Vedaei et al., 2020)
EP11	IoMT: Rinku's Clinical Kit Applied to Collect Information Related to COVID-19 Through Medical Sensors	(Rodriguez et al., 2021)
EP12	Considerations for target oxygen saturation in COVID-19 patients: are we under-shooting?	(Shenoy et al., 2020)
EP13	Monitoring of COVID-19 patients by telemedicine with telemonitoring	(Martínez-García et al., 2020)

Elaboración de Estado de Arte

EP1 (Sohrabi et al., 2021): Sociodemographic determinants and clinical risk factors associated with COVID-19 severity: a cross-sectional analysis of over 200,000 patients in Tehran, Iran.

El artículo "Sociodemographic determinants and clinical risk factors associated with COVID-19 severity: a cross-sectional analysis of over 200,000 patients in Tehran, Iran" trata sobre si los factores sociodemográficos están asociados con la gravedad de los pacientes con COVID 19, el estudio lo realizaron en una muestra de 200 000 pacientes, aquellos que tenían 80 años o más mostraron bajos niveles de SpO2 en la sangre, además también detectaron que los pacientes hombres por lo general tenían mediciones de SpO2 por debajo del 94% a

diferencia de las mujeres, incluso en pacientes que viven por zonas en las que ocupan la salud pública se detectaron niveles bajos de SpO₂ en comparación con otras. De acuerdo con el estudio, la disminución de SpO₂ en la sangre también se presentó con frecuencia en pacientes con enfermedades como hipertensión, diabetes, asma, enfermedades respiratorias, por otro lado, no se la pudo relacionar con enfermedades hepáticas crónicas, trastornos por inmunodeficiencia y VIH. Dentro de los síntomas que se presentaron en los pacientes con mayor probabilidad de mortalidad por COVID 19 fueron fiebre, tos, dolor muscular, SpO₂ menor a 93%, dificultad para respirar, dolor de cabeza y náuseas.

EP2 (Asgharpour et al., 2020): Effectiveness of extracorporeal blood purification (hemoadsorption) in patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19).

El artículo "Effectiveness of extracorporeal blood purification (hemoadsorption) in patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19)", hace referencia al estudio realizado sobre la efectividad que puede tener la purificación de sangre extracorpórea en los pacientes con COVID 19, se lo realizó a personas mayores de 18 años que fueron detectados con COVID 19 y dentro de los criterios que utilizaron para la inclusión de dichos pacientes al estudio están los hallazgos radiográficos y la confirmación del laboratorio, entre otros, ya que estos permitían identificar que los individuos tenían una presión arterial de oxígeno PaO₂ menor a 60mmHg y en ciertos casos saturación de oxígeno SpO₂ menor al 88% sin mejoría a pesar de que ya habían pasado 48 horas en terapia respiratoria. Posteriormente, se detectaron varias mejorías, dentro de las cuales estaba una medición de SpO₂ mayor o igual al 90%, así como una mejor presión respiratoria y la capacidad por parte del paciente para realizar un esfuerzo inspiratorio.

EP3 (Okumuş et al., 2021): Evaluation of the effectiveness and safety of adding ivermectin to treatment in severe COVID-19 patients.

En el artículo “Evaluation of the effectiveness and safety of adding ivermectin to treatment in severe COVID-19 patients”, se describe un estudio realizado en un grupo de 66 pacientes, sobre la efectividad del uso de ivermectina en pacientes COVID 19. Dentro de los criterios de aceptación que se consideraron para ingresar en esta investigación, está la presencia de taquipnea mayor al 30/min, así como SpO2 menor a 90%, la presión parcial de oxígeno menor a 300. Una vez iniciado el estudio, al quinto día se obtuvieron varias respuestas, entre las cuales estaba que el SpO2 llegaba a ser mayor al 90%, luego de cinco días más, se volvieron a evaluar los resultados en busca de al menos dos de los siguientes criterios, una frecuencia respiratoria entre 22 y 24, que el SpO2 sea mayor al 95%, también la ausencia de requerimiento de oxígeno y el no requerir cuidados intensivos. Al final del estudio se detectó que la saturación de oxígeno SpO2 tiene un promedio de entre 93.5% y 93%.

EP4 (Peymani et al., 2021): Statins in patients with COVID-19: a retrospective cohort study in Iranian COVID-19 patients.

En el estudio “Statins in patients with COVID-19: a retrospective cohort study in Iranian COVID-19 patients”, hablan sobre el uso de estatinas en pacientes detectados con COVID 19, ya que de momento no existían vacunas probadas contra el virus y que la creación de una podría tardar meses o años, por eso se empezaron a realizar algunas pruebas con antiguos medicamentos que podrían ayudar a salvar vidas; la estatina es un fármaco hipolipemiente con perfiles de seguridad probados y varios efectos pleiotrópicos beneficiosos conocidos; de acuerdo a los estudios que realizaron, se pudo determinar que las estatinas cuentan con efectos antivirales y también se involucran en el proceso de cicatrización de heridas en los pulmones, por lo que podrían ser útiles en el tratamiento del COVID-19.

Adicionalmente, mencionan que se consideraron los daños pulmonares causados por el virus, ya que, para el análisis tomaron a personas con síntomas de neumonía ocasionada por COVID-19, además de que indicaron que los pacientes debían cumplir ciertos criterios

para ingresar al estudio, como lo son: $SPO_2 \leq 93\%$ o $PaO_2 / FiO_2 < 300 \text{ mmHg}$ $< 300 \text{ mmHg}$, así como también se tomaron en cuenta criterios adicionales para excluirlos como: VIH, hepatitis B o C, virus de la influenza o tuberculosis activa, la sospecha de infecciones bacterianas, fúngicas u otras, aparte de COVID-19; y el hecho de ser < 19 o > 85 años.

EP5 (O'Carroll et al., 2020): Remote monitoring of oxygen saturation in individuals with COVID-19 pneumonia

En el estudio “Remote monitoring of oxygen saturation in individuals with COVID-19 pneumonia”, se inscribieron a varios pacientes que dieron positivo en COVID 19 a los cuales les proporcionaron un oxímetro de pulso inteligente con bluetooth, éstos se vinculan a una aplicación móvil al momento que les dan de alta en el hospital para poder controlar la saturación de oxígeno (SpO_2), estos controles se realizaban 4 veces al día durante los 14 días luego del alta del hospital y de ser necesario, los pacientes podían ingresar mediciones adicionales a su voluntad, todo esto con el fin de que, en caso que se detectara una variación del $SpO_2 < 94\%$ se generaba una alerta y se enviaba por mensaje de texto a los médicos, enfermeras y especialistas, el equipo se ponía en contacto con la persona y si los síntomas persistieran, se programaba una cita para que el paciente se presente en el hospital y poder realizar la debida evaluación.

EP6 (Vahedi et al., 2020): The clinical value of two combination regimens in the Management of Patients Suffering from Covid-19 pneumonia: a single centered, retrospective, observational study

En el estudio “The clinical value of two combination regimens in the Management of Patients Suffering from Covid-19 pneumonia: a single centered, retrospective, observational study”, se aplicaron 2 tipos de régimen de medicación que fueron aplicados a pacientes con COVID-19, el grupo de pacientes se dividió en dos para poder utilizar el régimen respectivo, el primero recibió azitromicina, prednisolona, naproxeno y lopinavir / ritonavir y el segundo

recibió meropenem, levofloxacina, vancomicina, hidroxiclороquina y oseltamivir. Dentro del estudio se pudo observar que la saturación de oxígeno o SpO₂, así como la temperatura cambiaron de forma positiva en los pacientes del primer grupo en comparación con los del segundo. Como medidas de inclusión para el estudio, los pacientes debían presentar los siguientes síntomas: fiebre, problemas respiratorios, neumonía leve, para ser considerados como enfermedad moderada, por otro lado, aquellos considerados como enfermedad grave debían presentar problemas respiratorios, SpO₂ en reposo <93 y progresión rápida de la enfermedad en una tomografía.

EP7 (Tverring et al., 2020): Helmet continuous positive airway pressure versus high-flow nasal cannula in COVID-19: a pragmatic randomised clinical trial (COVID HELMET)

El estudio “Helmet continuous positive airway pressure versus high-flow nasal cannula in COVID-19: a pragmatic randomised clinical trial (COVID HELMET)”, se realizó en 120 pacientes a los cuales se les asignó de forma aleatoria HFNC o Helmet CPAP con el fin de ver la posibilidad de reducir la necesidad de intubación. Como criterios de inclusión se tomaron los siguientes: edad menor o igual a 18 años, que presenten Sars-Cov-2 en el tracto respiratorio, saturación de oxígeno o SpO₂ menor a 92%, tener la predisposición de iniciar HFNC o CPAP según el médico y que el paciente diera su consentimiento por escrito para participar en el estudio. Como criterios de exclusión se tomaron en cuenta: la necesidad de la unidad de cuidados intensivos para ventilación mecánica, la inconsciencia o somnolencia, neumotórax, pCO₂ menor a > 6 kPa, el problema pulmonar crónico en estadio III-IV, el no querer participar y no entender el estudio.

EP8 (Moreno-Olmedo et al., 2021): COVID-19 pneumonia treated with ultra-low doses of radiotherapy (ULTRA-COVID study): a single institution report of two cases

En el estudio “COVID-19 pneumonia treated with ultra-low doses of radiotherapy (ULTRA-COVID study): a single institution report of two cases”, se analizaron a dos pacientes

para probar el tratamiento de neumonía causada por COVID-19 con dosis bajas de radioterapia. De los dos pacientes que entraron en el estudio, el primero durante el periodo de hospitalización, necesitó aumentar el soporte ventilatorio además que la medición de SpO₂ fue de 87% aproximadamente. Posteriormente se fueron evaluando los resultados del estudio con pulsioximetría repetida para ir teniendo una respuesta de los días 2, 5, 7 y hasta 4 semanas después de aplicarse la radioterapia, con estas mediciones se pudieron obtener resultados de mejoría en las mediciones de SpO₂ siendo mayor al 93%, así como también la reducción del soporte de oxigenoterapia entre otros.

EP9 (Nasa et al., 2021): Expert consensus statements for the management of COVID-19-related acute respiratory failure using a Delphi method

En el estudio “Expert consensus statements for the management of COVID-19-related acute respiratory failure using a Delphi method”, algunos expertos analizan la insuficiencia respiratoria que está relacionada con el COVID-19. Una de las declaraciones indicada por los especialistas es el uso de la posición Awake self-proning o auto inclinado despierto, en pacientes que requieran de oxígeno suplementario, ya que ayuda a mantener las medidas de SpO₂ en un nivel mayor al 90%, otra opción de tratamiento puede ser la HFNO, que es la oxigenación nasal de alto flujo, este tratamiento se recomienda usarlo en personas que no presenten medidas estables de SpO₂ mayor al 90%, además de pacientes que presenten mayor necesidad de oxígeno.

EP10 (Vedaei et al., 2020): COVID-SAFE: An IoT-Based System for Automated Health Monitoring and Surveillance in Post-Pandemic Life

En el artículo “COVID-SAFE: An IoT-Based System for Automated Health Monitoring and Surveillance in Post-Pandemic Life”, presentan una aplicación para el monitoreo a distancia por situaciones de pandemia, lo que proponen es un nodo liviano y de bajo costo junto a una aplicación móvil y herramientas de aprendizaje, para el análisis y el diagnóstico de

datos. Lo que hace el nodo, es rastrear ciertos parámetros de salud, dentro de los que están la temperatura corporal, la frecuencia de la tos, la frecuencia respiratoria y la saturación de oxígeno en la sangre; el dispositivo actualiza la aplicación móvil y muestra las condiciones de salud del usuario, es capaz de notificar al usuario que mantenga una distancia física de 2 m y toma en cuenta las condiciones de su salud con el objetivo de predecir el riesgo de infecciones en tiempo real.

EP11 (Rodriguez et al., 2021): IoMT: Rinku’s Clinical Kit Applied to Collect Information Related to COVID-19 Through Medical Sensors

En el artículo “IoMT: Rinku’s Clinical Kit Applied to Collect Information Related to COVID-19 Through Medical Sensors”, se propone un sistema con sensores biomédicos para la temperatura corporal, la frecuencia del pulso y la saturación de oxígeno, además de una plataforma digital que almacene y muestre los datos recopilados, con el objetivo de que profesionales de la salud validen de forma remota los síntomas del COVID-19, ya que la aplicación tiene la capacidad de manejar información simultánea de los pacientes y proporcionar datos sobre la gravedad de los síntomas, los cuales pueden ayudar a que los médicos tomen decisiones acerca de los pacientes y sus tratamientos, De acuerdo a las pruebas realizadas, pudieron determinar que el aplicativo, es capaz de proporcionar un pronóstico preciso las acciones a tomar por la pandemia.

EP12 (Shenoy et al., 2020): Considerations for target oxygen saturation in COVID-19 patients: are we under-shooting?

En el artículo “Considerations for target oxygen saturation in COVID-19 patients: are we under-shooting?”, se analiza la evidencia que guía la recomendación actual de saturación de oxígeno en los pacientes COVID-19, examinan la influencia de la hipoxia en la regulación positiva y analizan las posibles implicaciones en pacientes COVID-19 sobre la saturación de oxígeno, como lo son la endotelitis sistémica difusa y los microtrombos. Del estudio

concluyeron que se requiere una reevaluación de la saturación de oxígeno objetivo en pacientes COVID-19, pero se recomienda que la saturación de oxígeno sea 92-96% en estos casos, tanto en el ámbito hospitalario como ambulatorio. La oximetría de pulso en el domicilio y la televigilancia para pacientes ambulatorios con COVID-19 podrían ser beneficiosas siempre y cuando los recursos de salud pública permitan su implementación.

EP13 (Martínez-García et al., 2020): Monitoring of COVID-19 patients by telemedicine with telemonitoring

En el artículo “Monitoring of COVID-19 patients by telemedicine with telemonitoring”, realizaron un estudio observacional de pacientes con diagnóstico de COVID-19 por PCR que fueron considerados de alto riesgo, por lo que se realizó un seguimiento con telemedicina y telemonitorización, para esto cada paciente envió un cuestionario clínico de forma diaria, el cual contenía los datos de temperatura y saturación de oxígeno 3 veces al día y se realizó durante 11 días aproximadamente. Los resultados obtenidos de los 304 pacientes que ingresaron al estudio, fue que 38 fueron remitidos a urgencias, 18 fueron hospitalizados, y 2 fallecieron, adicionalmente 224 pacientes fueron dados de alta durante los 30 días en los que se realizó el estudio.

Con los estudios presentados, podemos concluir que la variación del SpO2 es uno de los factores más utilizados para detectar pacientes contagiados con COVID-19, además que es una de las primeras revisiones que se realizan en los pacientes que llegan a los hospitales. La medida con la que están trabajando en varios casos es cuando la medición de SpO2 es menor a 94%. En varios artículos se utilizan las mediciones del SpO2 para realizar un seguimiento de los pacientes que han sido diagnosticados con COVID-19, detectando que luego de un tiempo, lograban regresar a sus valores normales siendo mayor a 94%.

Características del Estado del Arte

Existe una cantidad limitada de estudios relevantes en cuanto al COVID-19 y sus efectos conocidos, ya que es una pandemia que está aún en proceso de poder superarla, por lo que incluso mientras se realiza el trabajo de investigación pueden surgir nuevas variantes a las que ya se conocen y que tengan otros tipos de efectos en el ser humano. Los estudios mencionados anteriormente, brindan algunos métodos y formas de detención de los efectos que puede causar el COVID-19, dentro de los cuales se encuentran los problemas respiratorios y para el caso de estudio, es de interés la variación del SpO₂, es por esto que se quiere realizar un prototipo de un aparato de bajo costo que nos permita medir constantemente el SpO₂ de la persona que lo utilice y a través de estas mediciones poder llevar un mejor control de los posibles casos de COVID-19 y que de cierta manera el personal médico esté alerta ante alguna situación.

Metodología

La metodología utilizada en el desarrollo del presente proyecto es Design Science, ya que es utilizada para la construcción de artefactos, además posee diferentes fases que ayudaron en la investigación.

Metodología Design Science

Se utilizó Design Science ya que es una metodología que tiene como objetivo la aplicación y construcción de un artefacto o la innovación de uno existente, que resuelva un problema siendo para la metodología el proceso adecuado para conocer, comprender y dar solución a uno (Hevner et al., 2004).

Según (Cataldo, s/f) Design Science considera 4 tipos de artefactos que serán el medio para resolver el problema:

- Constructos: Proveen el lenguaje en el cual problemas y soluciones son definidos y comunicados.
- Modelos: Representan el problema, solución y la conexión entre sus componentes.
- Métodos: Proveen guías sobre cómo resolver problemas y encontrar las soluciones.
- Instancias: Muestran que constructos, modelos o métodos pueden ser implementados.

En (Cataldo, s/f) se menciona que Design Science es un proceso que consta de 7 pasos.

- Relevancia del problema: Debe resolver un problema.
- Diseño como artefacto: Debe generar un artefacto de interés.
- Rigor de la investigación: Respecto a la construcción y evaluación del artefacto.
- Diseño como un proceso de búsqueda: Se generan alternativas de diseño y se prueba las alternativas.
- Evaluación del diseño: Verificar la eficacia.
- Contribuciones a la investigación: Establece el tipo de contribución a generar.
- Comunicación de la investigación: Establece cómo transmitir el resultado de la investigación.

Marco Teórico

Red de Categorías

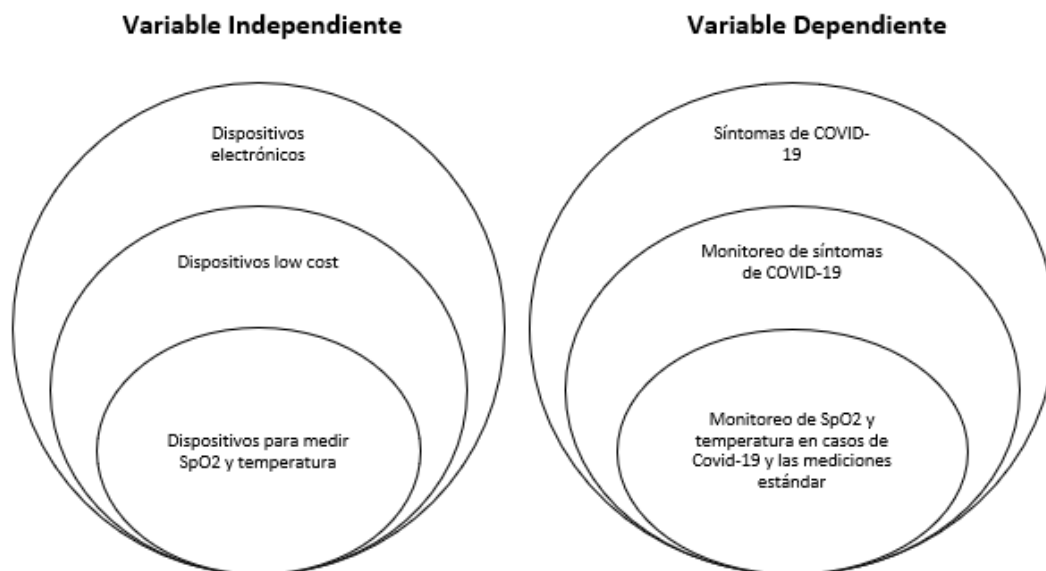
Con el objetivo de buscar de forma pertinente la debida fundamentación teórica de la investigación, se estructura una red de las principales categorías que intervienen dentro de la explicación y comprensión del tema a tratar en el estudio, esta red se muestra en la Figura 2.

Variable Independiente: Prototipo que envía los datos al dashboard.

Variable Dependiente: Generación de alertas en posibles casos de COVID-19.

Figura 2

Red de Categorías



Fundamentación Científica de la Variable Independiente

Dispositivos Electrónicos

El uso de dispositivos electrónicos en la actualidad va en aumento, ya que se han convertido en una necesidad para poder mantener la calidad de vida a la que las personas se han acostumbrado (Lam, 2015).

Los dispositivos más utilizados son los de tipo móvil o portátil, porque facilitan el acceso y la realización de ciertas tareas que anteriormente no eran posibles de hacerlas de dicha forma (Parra et al., 2011).

Las principales limitantes que existen en la adquisición de los dispositivos electrónicos son: la realidad socioeconómica, la inadecuada infraestructura, las limitaciones con la banda ancha y baja velocidad de descarga de video en el caso de los portátiles, además de su elevado precio (Parra et al., 2011).

Existe una tendencia del uso de dispositivos portátiles, por la comodidad al transportarlo, aparte que con los avances de la tecnología, cada vez se puede acceder de forma más sencilla a diferentes tipos de información (Parra et al., 2011).

Dispositivos Low Cost

La estrategia low cost, aparece con el fin de poder ofrecer productos a un menor precio en comparación con los ya existentes en el mercado, para lo cual en ocasiones implica sacrificar la calidad del producto que se ofrece, así como también la calidad y presentación (Reynaldo Carrión, 2013).

El mayor impedimento en la adquisición de los dispositivos electrónicos y que sean portátiles, es que en su mayoría cuentan con precios bastante altos, es por lo que apareció la estrategia low cost, que tiene como intención que el dispositivo sea capaz de sustituir a otros, con un menor precio, haciéndolo más accesible para los usuarios (Industriales, 2020).

Dispositivos para medir SpO2 y temperatura

Para la medición de la saturación arterial periférica de oxígeno en la sangre, también conocida como SpO2, se envía una onda de luz roja de 660 nm y otra infrarroja de 940 nm, para que estas se absorban en la hemoglobina reducida, que sería Hb y la oxihemoglobina que sería HbO2 en la misma medida (Instituto & Nacional, 2018).

El oxímetro es el dispositivo encargado de registrar la cantidad de oxígeno transportada por la hemoglobina, utiliza las señales fotopleletismográficas o PPG variantes en el tiempo. Una molécula de hemoglobina tiene la capacidad de cargar cuatro moléculas de oxígeno, entonces si la hemoglobina tiene una saturación de 100% quiere decir que en los sitios de unión de la hemoglobina se transporta oxígeno, esto provoca un efecto en el color de la sangre, por lo general esta es de tono rojo luminoso, pero cuando la sangre esta menos oxigenada, cambia a un rojo oscuro. La variación de los oxímetros por lo general es de más o menos 2% (Instituto & Nacional, 2018).

En cuanto a la medición de la temperatura, que está definida como la medida de la energía total cinética dentro del cuerpo, existen diferentes artefactos para su medición, como lo son los termómetros de vidrio con mercurio, termómetros de tira plástica, termómetros electrónicos de radiación, entre otros (Instituto & Nacional, 2018).

Fundamentación Científica de la Variable Dependiente

Síntomas de COVID-19

El 31 de diciembre de 2019 la OMS tuvo conocimiento de una nueva cepa de coronavirus SARS-CoV-2, también conocida como COVID-19. Debido a la expansión que tuvo el virus pasó de ser una epidemia a ser una pandemia (Salud, 2020).

El método de propagación del COVID-19, se da a través de las gotículas de saliva o las secreciones nasales que se generan cuando una persona infectada tose o estornuda (Salud, 2020).

Entre los síntomas más comunes de la COVID-19 están: fiebre, tos seca y cansancio. Existen síntomas menos frecuentes, que han estado presentes en algunos pacientes como: pérdida del gusto o el olfato, congestión nasal, conjuntivitis (enrojecimiento ocular), dolor de

garganta, dolor de cabeza, dolores musculares o articulares, diferentes tipos de erupciones cutáneas, náuseas o vómitos, diarrea y escalofríos o vértigo (Salud, 2020).

Cuando un paciente presenta un cuadro grave, se presentan los siguientes síntomas: disnea (dificultad respiratoria), pérdida de apetito, confusión, dolor u opresión persistente en el pecho y temperatura alta (por encima de los 38° C). Hay síntomas que se presentan con menos frecuencia como: irritabilidad, merma de la conciencia (a veces asociada a convulsiones), ansiedad, depresión, trastornos del sueño, complicaciones neurológicas más graves y raras, como accidentes cerebrovasculares, inflamación del cerebro, estado delirante y lesiones neurales (Salud, 2020).

Aunque cualquier persona sin importar su edad puede enfermar de COVID-19 y presentar un cuadro grave y morir, las personas de más de 60 años y las que padecen afecciones médicas subyacentes, como hipertensión arterial, problemas cardíacos o pulmonares, diabetes, obesidad o cáncer, corren un mayor riesgo de presentar cuadros graves (Salud, 2020).

Monitoreo de Síntomas de COVID-19

Cuando se sospecha que un paciente es un posible caso de Covid-19 se revisan los siguientes síntomas:

- Fiebre mayor a 38 C con tos seca y/o dificultad respiratoria.
- Disnea, artralgia, mialgia, anosmia, astenia, disgeusia, diarrea, dolor abdominal, diarrea persistente, dolor de cabeza, escalofríos, fatiga y/o dolor de garganta.

En caso de dar positivo en estos síntomas, se analiza que la SpO2 sea menor al 94% o que la frecuencia respiratoria esté alta para la edad (>20 en adultos) o presencia de signos de enfermedad (dificultad respiratoria, dolor o presión persistente en el pecho, confusión, incapacidad de despertarse o permanecer despierto, coloración azulada en labios o rostro).

En caso de no tener estos síntomas se realiza un proceso de revisión hasta descartar por completo, en caso de presentar los síntomas, se analiza si son signos de emergencia, esto si la SpO2 es mayor al 90% o si la frecuencia respiratoria es mayor a 24.

En caso de haber llegado a este punto y el paciente presenta los síntomas se inicia el proceso de remisión al segundo nivel de atención (OPS, 2020).

Monitoreo de SpO2 y temperatura en casos de Covid-19 y las mediciones estándar

Se establecen algunas guías de manejo clínico, que recomiendan el uso de oxímetros de pulso en el manejo ambulatorio y monitoreo de pacientes con casos confirmados o en sospecha de Covid-19. En la guía “Guía para usar la oximetría de pulso durante la pandemia de Covid-19. Londonwide - Comité Médico de Londres.” se propone el siguiente algoritmo (OMS & OPS, 2020):

- Los valores normales son cuando la SpO2 es mayor al 96% (SpO2 >96%).
- En los casos que la SpO2 oscile entre el 93% al 96% (SpO2 93-96%) se debe considerar la realización de ejercicio breve y evaluar si se produce desaturación.
- SpO2 ≤92%: Cuando la SpO2 sea menor o igual al 92% (SpO2 ≤92%) se puede tratar de una hipoxia e indicaría la necesidad de un tratamiento con oxígeno suplementario.
- En caso de ser pacientes confirmados de Covid-19 se plantean dos situaciones en los que se podría utilizar el oxímetro:
 - Durante la evaluación inicial.
 - Monitoreo continuo en el hogar.

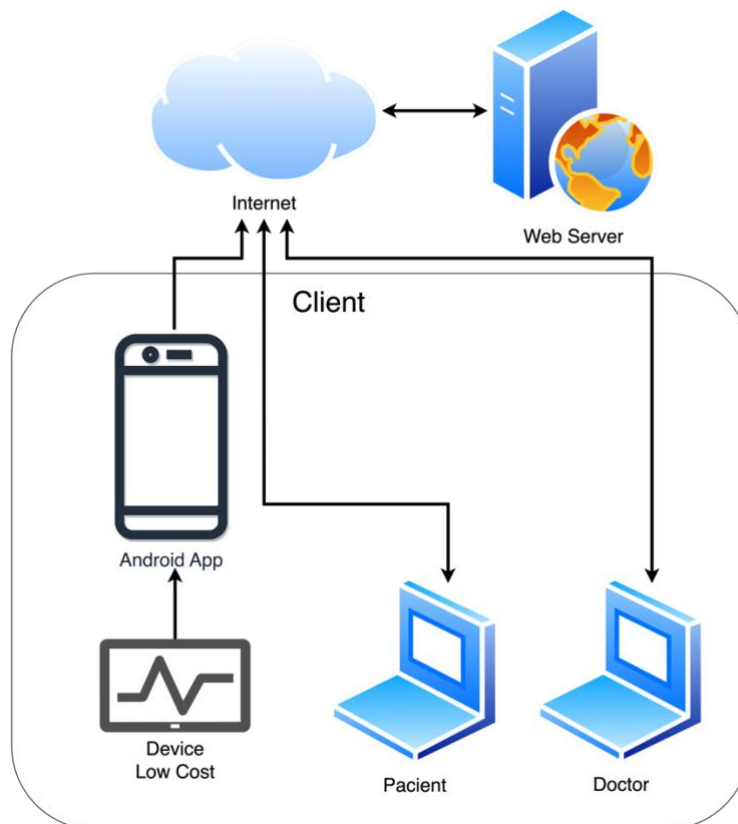
Capítulo III

Modelo Propuesto

Arquitectura de software

Figura 3

Arquitectura de software



La arquitectura de software está compuesta por una sección de cliente, la cual contempla a los usuarios de la aplicación web: el paciente y el doctor. El paciente y el doctor mediante sus dispositivos preferidos pueden acceder a la aplicación web para encontrar su información correspondiente. El paciente adicional al acceso a la aplicación web, tiene acceso a una aplicación móvil en la que puede conectarse al dispositivo low cost, para hacer la recolección de sus medidas de SpO2 y temperatura y enviar la data recolectada a la

aplicación web, siendo ésta el enlace para la recolección de medidas que serán procesadas en la mencionada aplicación web.

Aplicación Web

Framework Frappe

Frappe es un framework de aplicaciones web, que tiene como filosofía principal escribir la menor cantidad de código posible, está escrito en Python, JavaScript, HTML/CSS y MariaDB para base de datos. Dentro de las características principales del mismo se encuentran:

- Desarrollo rápido de aplicaciones: una vez configurado el framework, la creación de modelos y actualización de las vistas son bastante sencillas.
- Baterías incluidas: dentro del framework ya se incluyen varios temas necesarios en cualquier tipo de aplicación web, con la generación de PDF, el envío de correos electrónicos y más.
- Fácil implementación: frappe utiliza la herramienta Bench para administrar todo lo relacionado con el framework, es decir las actualizaciones, configuraciones de nginx y supervisor, migraciones de base de datos, creación de nuevas aplicaciones, sitios y más.
- Multi Tenant: bench soporta multi-tenancy, por lo que se pueden tener múltiples instancias de aplicaciones, que tengan bases de datos separadas, pero que usen el mismo código base.

- Arquitectura extensible: frappe permite crear aplicaciones propias y estas pueden tener sus propios modelos o modificar los que vienen por defecto en el framework.

A parte de lo antes mencionado, se decidió el uso de este framework porque facilita el manejo de roles y permisos, también permite que la plataforma sea multilinguaje y se acomoda al idioma del usuario (*Frappe Framework, 2022*).

Despliegue en AWS

Para el despliegue de la aplicación web se utilizó un EC2 de AWS, la instancia que se levantó es una t2.micro, que está dentro de la capa gratuita de AWS, con Ubuntu 22.04 de 64 bits y para el almacenamiento se puso 15 GB.

Figura 4

Lanzar instancia - paso 1

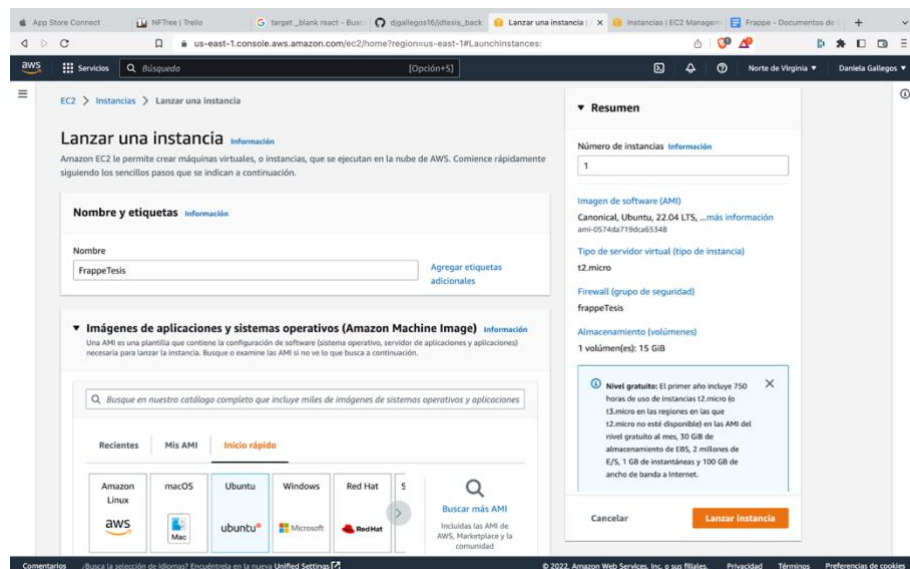


Figura 5

Lanzar instancia - paso 2

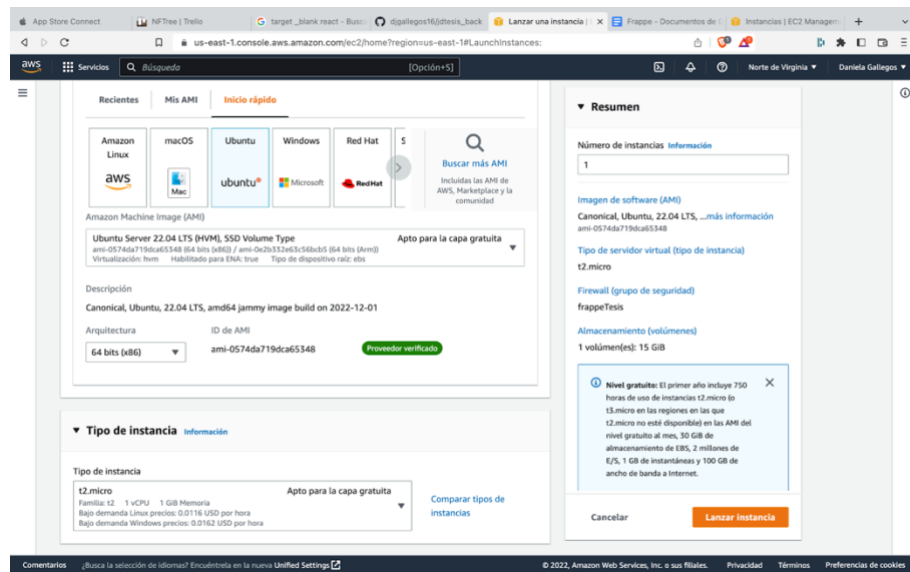


Figura 6

Lanzar instancia - paso 3

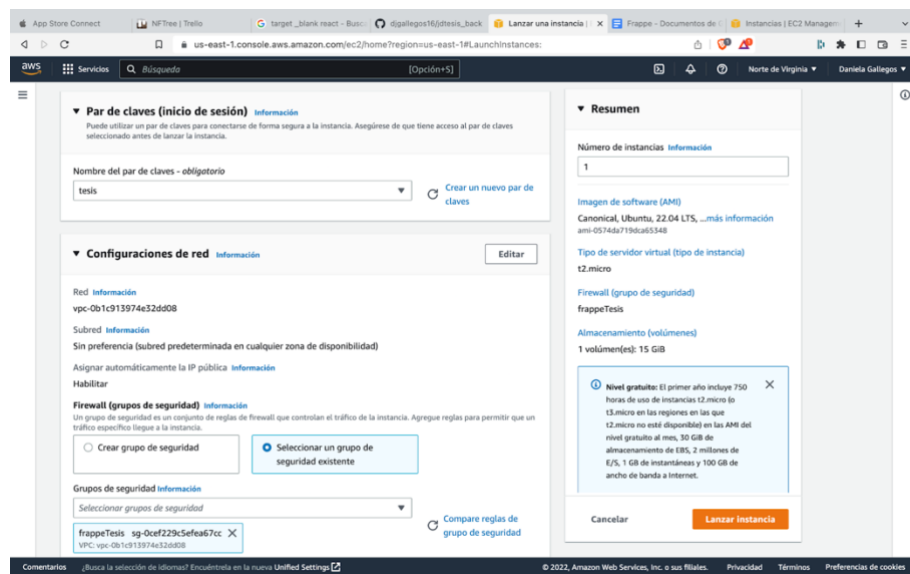


Figura 7

Lanzar instancia - paso 4

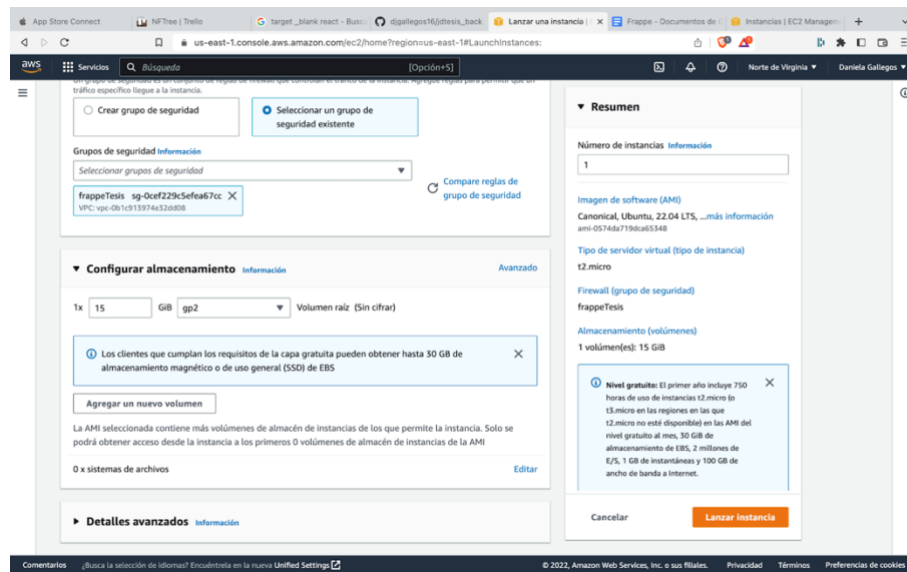
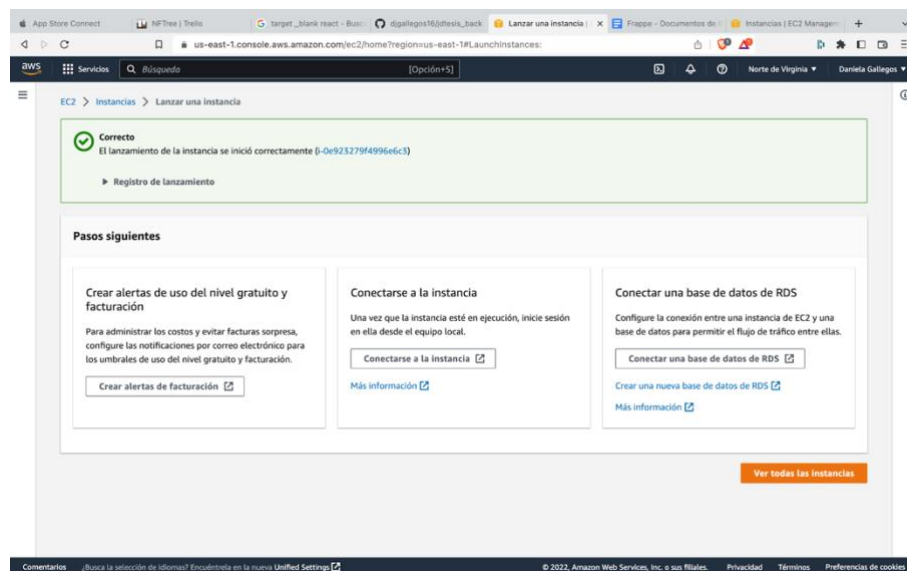


Figura 8

Lanzar instancia - paso 5



Al ser un t2.micro, la instancia tiene poca capacidad de procesamiento, por lo que se decidió añadir un swap de 4GB.

Figura 9

Configuración swap - paso 1

The screenshot shows the 'Crear volumen' (Create volume) page in the AWS Management Console. The page title is 'Crear volumen' and it includes a sub-header 'Configuración del volumen'. The instructions state: 'Cree un volumen de Amazon EBS para asociarlo a cualquier instancia EC2 en la misma zona de disponibilidad.' The configuration form includes the following fields and options:

- Tipo de volumen:** A dropdown menu set to 'SSD de uso general (gp2)'.
- Tamaño (GiB):** A text input field containing the number '4'. Below it, a note reads: 'Mín.: 1 GiB, máx.: 16384 GiB. El valor debe ser un número entero.'
- IOPS:** A text input field containing '100 / 3000'. Below it, a note reads: 'Referencia de 3 IOPS por GiB con un mínimo de 100 IOPS, ampliable a 3000 IOPS'.
- Rendimiento (MiB/s):** A text input field containing 'No se aplica'.
- Zona de disponibilidad:** A dropdown menu set to 'us-east-1a'.
- ID de instantánea - opcional:** A dropdown menu set to 'No crear un volumen a partir de una instantánea'.

At the bottom of the form, there is a 'Cifrado' section with a checkbox labeled 'Cifrar este volumen' which is currently unchecked. The footer of the page includes 'Comentarios', a language selection dropdown, and copyright information for Amazon Web Services, Inc. © 2022.

Figura 10

Configuración swap - paso 2

The screenshot shows the 'Crear volumen' page in the AWS Management Console, step 2 of configuration. The page title is 'Crear volumen' and it includes a sub-header 'Etiquetas - opcional'. The instructions state: 'Las etiquetas son marcas que se asignan a un recurso de AWS. Cada etiqueta consta de una clave y un valor opcional. Puede utilizarlas para buscar los recursos y filtrarlos, o para hacer un seguimiento de los costos en AWS.' The configuration form includes the following fields and options:

- Zona de disponibilidad:** A dropdown menu set to 'us-east-1a'.
- ID de instantánea - opcional:** A dropdown menu set to 'No crear un volumen a partir de una instantánea'.
- Cifrado:** A section with a checkbox labeled 'Cifrar este volumen' which is currently unchecked.
- Etiquetas - opcional:** A section with a table for tags. The table has two columns: 'Clave' and 'Valor - opcional'. The first row contains the key 'Name' and the value 'SwapFrappeTesis'. There is an 'Eliminar' button next to the value. Below the table is an 'Agregar etiqueta' button and a note: 'Puede agregar 49 etiquetas más.'

At the bottom of the form, there are 'Cancelar' and 'Crear volumen' buttons. The footer of the page includes 'Comentarios', a language selection dropdown, and copyright information for Amazon Web Services, Inc. © 2022.

Figura 11

Configuración swap - paso 3

Volumen creado correctamente vol-033ca140ddb994

Ahora puede crear políticas de Amazon Data Lifecycle Manager para automatizar la administración de instantáneas directamente desde esta pantalla. Seleccione los volúmenes de los que desea realizar una copia de seguridad y, a continuación, elija **Acciones, Create snapshot lifecycle policy** (Acciones, Crear política de ciclo de vida de instantáneas). Para obtener más información, consulte el artículo del Centro de conocimientos.

Volúmenes (1/4)

Nombre	ID de volumen	Tipo	Tamaño	IOPS	Rendimiento	Instantánea	Creada
-	vol-0a31513bf023423a4	gp2	15 GiB	100	-	snap-02d9369...	2022/06/23 11:
Swap Tesis	vol-0d62ccfdea3568865	gp2	4 GiB	100	-	-	2022/06/23 11:
-	vol-049746ce1a9f3bc0c	gp2	15 GiB	100	-	snap-0052602...	2022/12/28 11:
SwapFrappetesis	vol-033ca140ddb994	gp2	4 GiB	100	-	-	2022/12/28 12:

ID de volumen: vol-033ca140ddb994 (SwapFrappetesis)

Detalles Comprobaciones de estado Monitoreo Etiquetas

Figura 12

Configuración swap - paso 4

Volúmenes (1/4)

Nombre	ID de volumen	Tipo	Tamaño	IOPS	Rendimiento	Instantánea	Creada
-	vol-0a31513bf023423a4	gp2	15 GiB	100	-	snap-02d9369...	2022/06/23 11:
Swap Tesis	vol-0d62ccfdea3568865	gp2	4 GiB	100	-	-	2022/06/23 11:
-	vol-049746ce1a9f3bc0c	gp2	15 GiB	100	-	snap-0052602...	2022/12/28 11:
SwapFrappetesis	vol-033ca140ddb994	gp2	4 GiB	100	-	-	2022/12/28 12:

ID de volumen: vol-033ca140ddb994 (SwapFrappetesis)

Detalles Comprobaciones de estado Monitoreo Etiquetas

- Modificar volumen
- Crear instantánea
- Crear política de ciclo de vida de instantáneas
- Eliminar volumen
- Asociar volumen
- Desasociar el volumen
- Desasociar el volumen forzosamente
- Administrar habilitación automática de E/S
- Administrar etiquetas

Figura 13

Configuración swap - paso 5

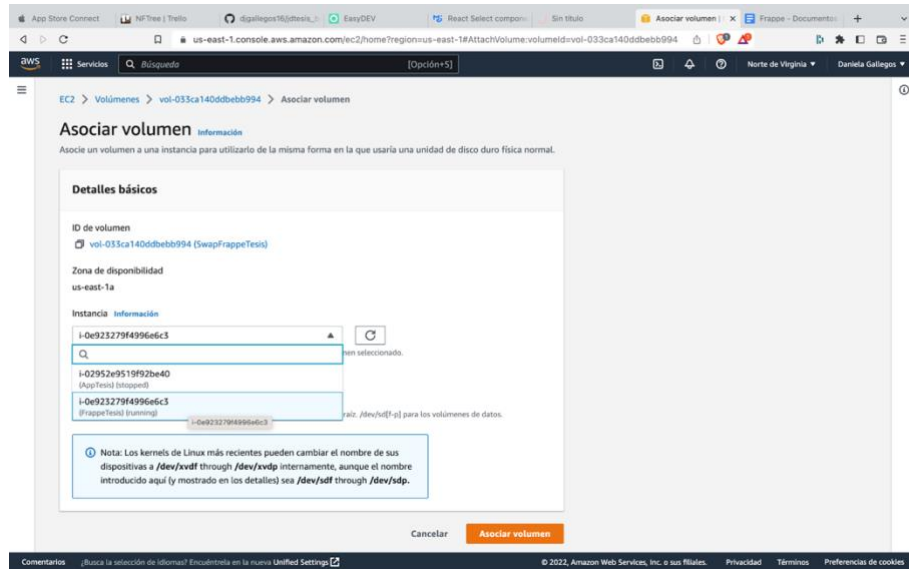


Figura 14

Configuración swap - paso 6

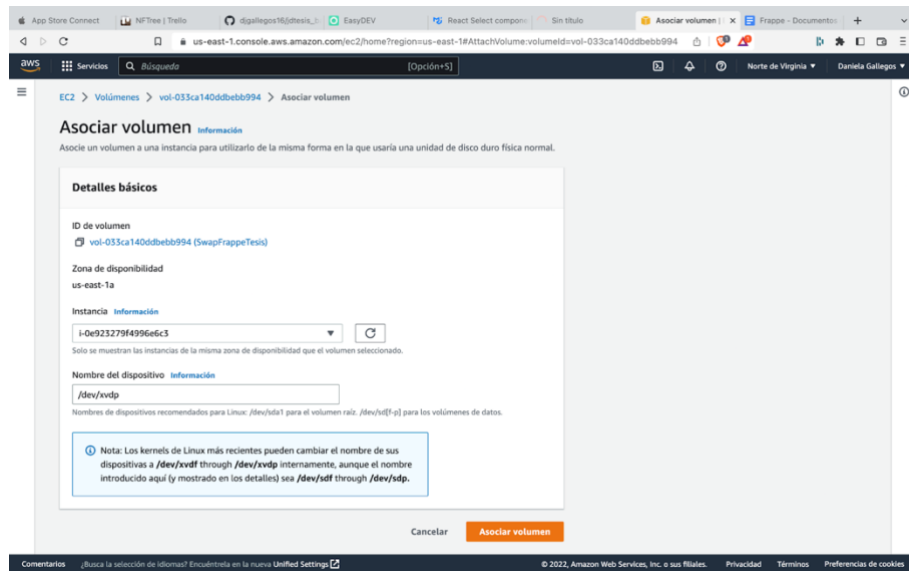
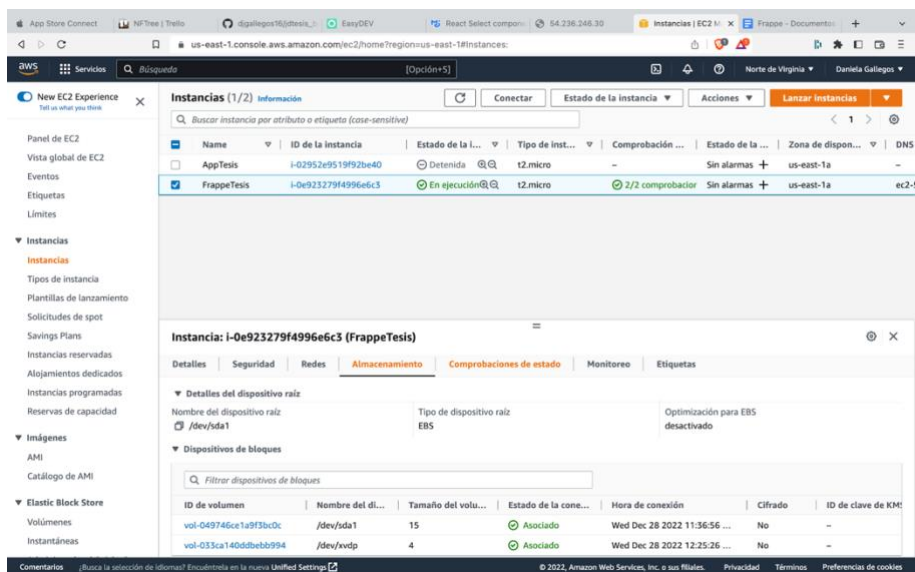


Figura 15

Configuración swap - paso 7



Funcionalidad

La aplicación cuenta con 3 perfiles: administrador, doctor y usuario o paciente; cada perfil tiene sus respectivos permisos y accesos. El rol de Administrador tiene acceso a toda la plataforma y es el encargado de crear los roles de los doctores que vayan a utilizar la aplicación, también es el encargado de la configuración de los permisos de ambos perfiles.

La aplicación web cuenta con dos vistas de tablas, la primera es para las medidas de los usuarios, a esta vista tienen acceso tanto los usuarios como los médicos, con los filtros correspondientes, a la segunda vista únicamente tienen acceso los doctores, esta vista contiene el listado de las alertas que le han llegado al médico.

Adicionalmente, se cuenta con un dashboard resumen en el que se puede visualizar a través de gráficos las medidas que se va tomando el usuario.

En cuanto a las alertas, se ha considerado 3 rangos para el envío de los correos electrónicos, el primero es menor a 90 que se considera como alerta roja, el segundo es entre

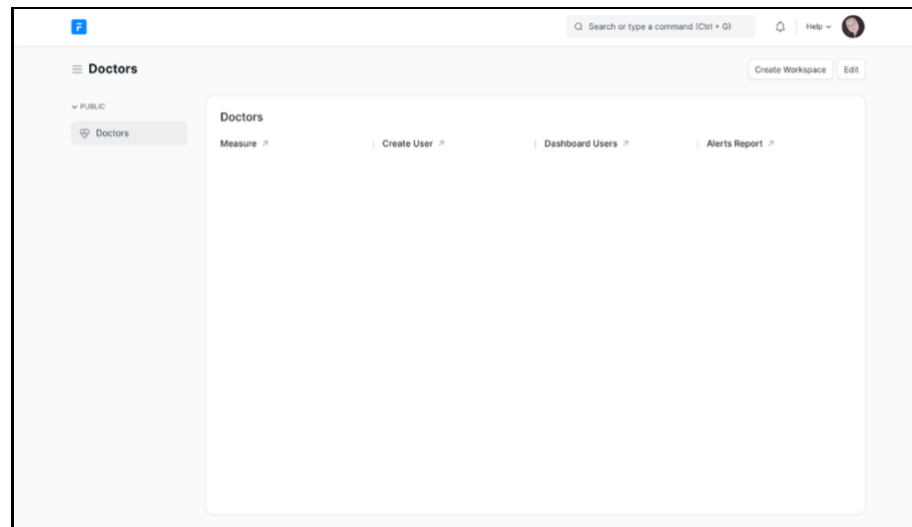
90 y 94 que se considera como alerta media y por último se encuentra el rango personalizado, este se obtiene del promedio de las ultimas 20 medidas registradas por el usuario en la aplicación web, al cual se aumentan y restan 2 puntos para obtener el rango.

Perfil de Doctor

El perfil de doctor cuenta con un menú principal, en este se encuentran los accesos principales a los que puede ingresar en la plataforma:

Figura 16

Pantalla inicio perfil de doctor



La primera opción Measure (Medida) lleva al listado de las medidas que han ingresado los usuarios que fueron creados por el doctor, en este listado puede ingresar a cada medida y ver los detalles.

Figura 17

Lista de medidas de los usuarios

ID	User	Date	SpO2	Temperature	
MED-Deviceless-000316	joseab84@gmail...	02-01-2023	95.600	36.700	1h 0
MED-Deviceless-000065	renzo@moderno.a...	30-12-2022	96.500	36.820	2d 0
MED-Deviceless-000115	daniela@moderno...	30-12-2022	97.500	37.090	2d 0
MED-Deviceless-000165	santi@moderno.a...	30-12-2022	94.400	36.490	2d 0
MED-Deviceless-000215	cris@moderno.ag...	30-12-2022	95.400	35.690	2d 0
MED-Deviceless-000265	inti@moderno.aga...	30-12-2022	92.500	37.330	2d 0
MED-Deviceless-000315	joseab84@gmail...	30-12-2022	95.500	37.110	2h 0
MED-Deviceless-000064	renzo@moderno.a...	29-12-2022	96.500	37.200	2d 0
MED-Deviceless-000114	daniela@moderno...	29-12-2022	97.500	36.720	2d 0
MED-Deviceless-000164	santi@moderno.a...	29-12-2022	94.400	37.470	2d 0
MED-Deviceless-000214	cris@moderno.ag...	29-12-2022	95.400	37.070	2d 0
MED-Deviceless-000264	inti@moderno.aga...	29-12-2022	92.500	36.200	2d 0
MED-Deviceless-000314	joseab84@gmail...	29-12-2022	95.500	36.210	2d 0

Figura 18

Detalle de la medida

MED-Deviceless-000065

Assigned To: +

Attachments: Attach File +

Shared With: +

Tags: Add a tag...

0 - 0 - 0 FOLLOW

Administrator edited this 2 days ago

renzo@moderno.agency created this 2 days ago

User: renzo@moderno.agency

SpO2: 96.500

Id device: Deviceless

Temperature: 36.820

Date: 30-12-2022

Add a comment

Ctrl+Enter to add comment

Comment

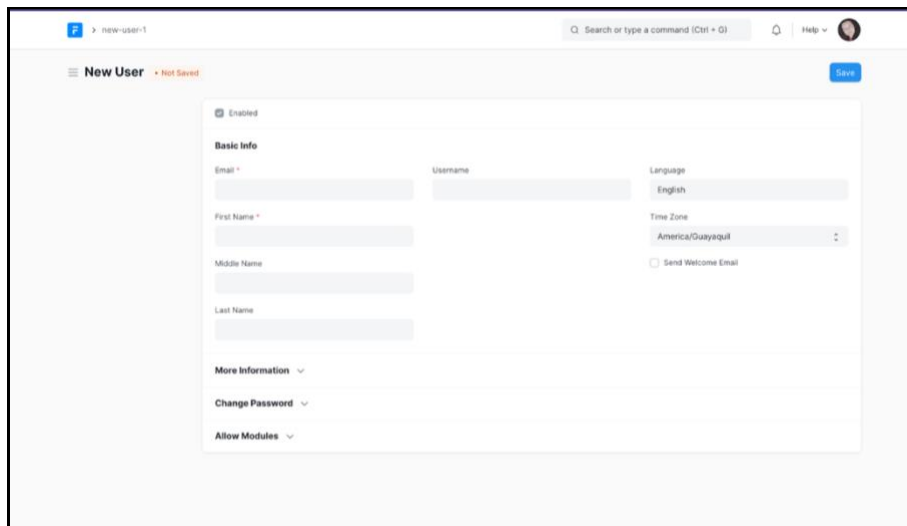
New Email

renzo@moderno.agency created this 2 days ago • Administrator edited this 2 days ago

La segunda opción Create User (Crear usuario) lleva al registro para que el doctor pueda crear un nuevo usuario, en éste los principales campos que se deben llenar son: correo, nombre, apellido, usuario y contraseña.

Figura 19

Crear nuevo usuario



The screenshot shows a web application interface for creating a new user. The page title is "New User" with a "Not Saved" indicator and a "Save" button. The form is titled "Basic Info" and includes the following fields:

- Enabled
- Email *
- Username
- Language (English)
- First Name *
- Middle Name
- Last Name
- Time Zone (America/Quayaquil)
- Send Welcome Email

Below the "Basic Info" section, there are three expandable sections:

- More Information ▾
- Change Password ▾
- Allow Modules ▾

La tercera opción Dashboard Users lleva al listado de los usuarios que fueron creados por ese doctor, en ese listado tiene la opción "Ver Detalle" del usuario, el cual lleva a la gráfica de las medidas que ha ingresado el usuario y también sale el listado en una tabla al final de la página.

Figura 20

Reporte de usuarios

Users Report

Show 10 entries Search:

Nombre	Correo	Genero	Teléfono	Ver
Inti Guzman	inti@moderno.agency	null	null	Ver Detalle
Santiago Chiriboga	santi@moderno.agency	null	null	Ver Detalle
Daniela Andrade	daniela@moderno.agency	null	null	Ver Detalle
Jose Gallegos	josealb94@gmail.com	null	null	Ver Detalle
Renzo Malla	renzo@moderno.agency	null	null	Ver Detalle

Showing 1 to 5 of 5 entries Previous 1 Next

Figura 21

Gráficos de las medidas del usuario

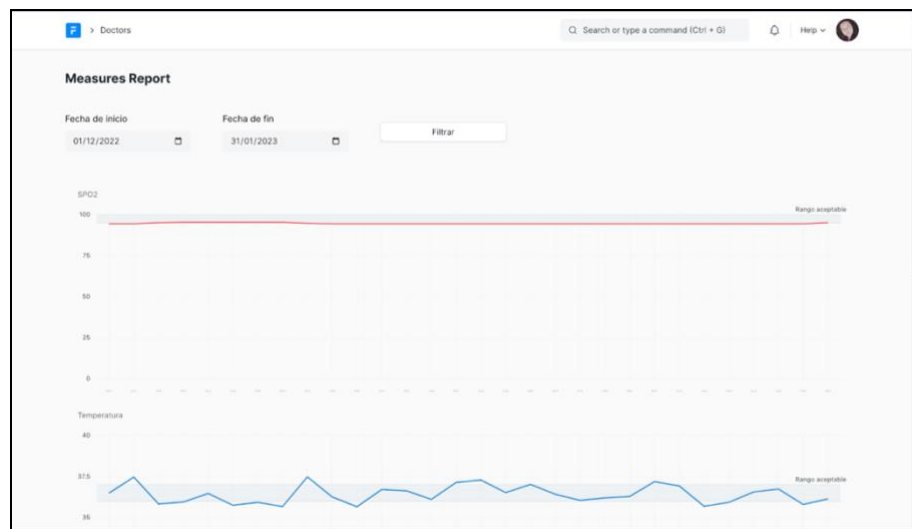
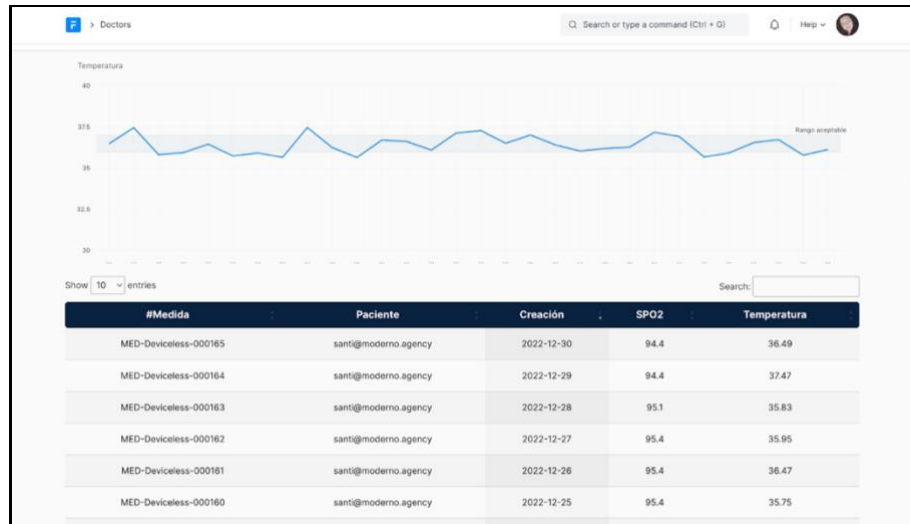


Figura 22

Gráficos y tabla de las medidas del usuario



La cuarta opción Alerts Report (Reporte de Alertas), lleva al listado de las alertas que se han enviado desde el sistema, con el detalle respectivo de cada alerta.

Figura 23

Reporte de alertas

The screenshot shows the 'Alerts Report' page. It features a search bar and a table with 6 columns: Usuario, Alerta, Fecha, Rango Pers., SPO2, and Temperatura. The table contains one row of data. Below the table, there is a pagination control showing 'Showing 1 to 1 of 1 entries' and 'Previous 1 Next'.

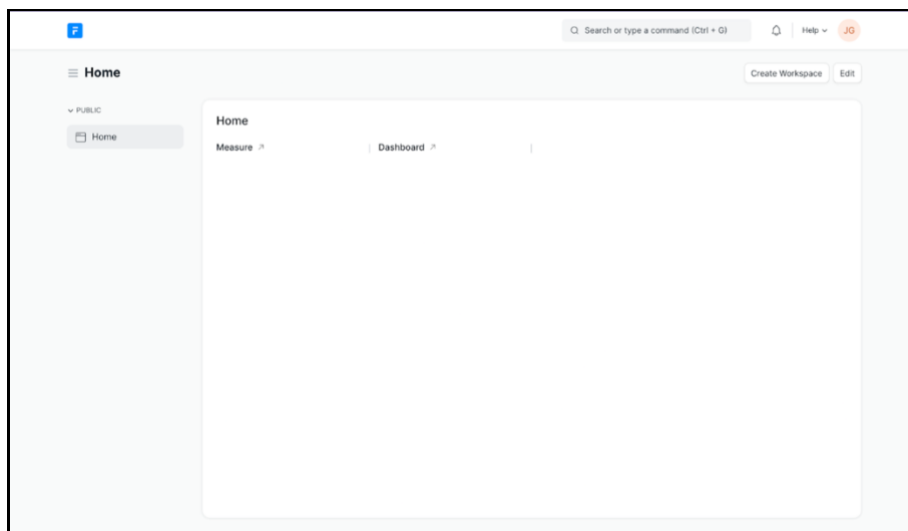
Usuario	Alerta	Fecha	Rango Pers.	SPO2	Temperatura
joseab94@gmail.com	Alerta Personalizada	2023-01-02	95.33	95.6	36.7

Perfil de Usuario

El perfil de usuario cuenta con un menú principal, en este se encuentran los accesos principales a los que puede ingresar en la plataforma.

Figura 24

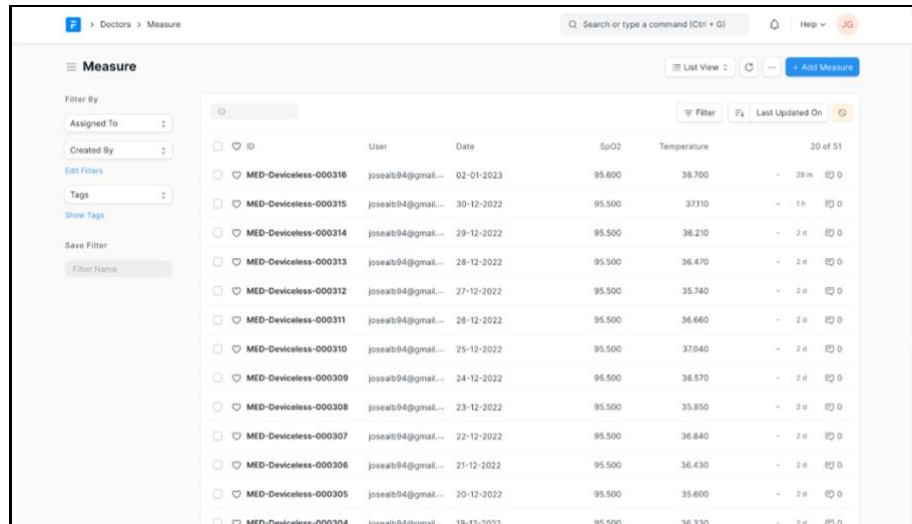
Pantalla inicio perfil de usuario



La primera opción Measure (Medida) lleva al listado de las medidas que ha ingresado el usuario, en este listado puede ingresar a cada medida y ver los detalles.

Figura 25

Lista de medidas del usuario

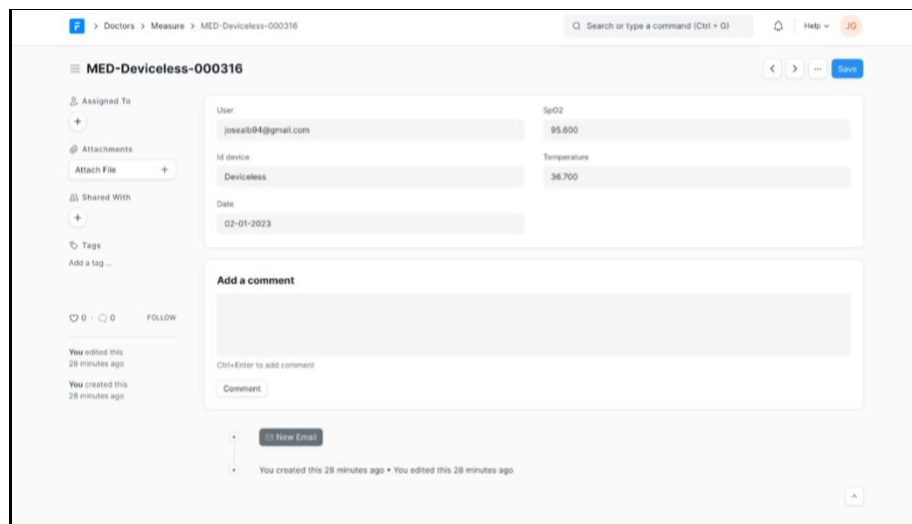


The screenshot shows a web interface for a 'Measure' dashboard. On the left, there are filter options for 'Assigned To' and 'Created By'. The main area displays a table of measurements with columns for ID, User, Date, SpO2, and Temperature. The table contains 15 rows of data, each representing a measurement taken by a user named 'joseab04@gmail...' at various dates in 2022. The SpO2 values range from 95.500 to 95.800, and the Temperature values range from 35.600 to 37.000.

ID	User	Date	SpO2	Temperature
MED-Deviceless-000316	joseab04@gmail...	02-01-2023	95.800	36.700
MED-Deviceless-000315	joseab04@gmail...	30-12-2022	95.500	37.110
MED-Deviceless-000314	joseab04@gmail...	29-12-2022	95.500	36.210
MED-Deviceless-000313	joseab04@gmail...	28-12-2022	95.500	36.470
MED-Deviceless-000312	joseab04@gmail...	27-12-2022	95.500	35.740
MED-Deviceless-000311	joseab04@gmail...	26-12-2022	95.500	36.660
MED-Deviceless-000310	joseab04@gmail...	25-12-2022	95.500	37.040
MED-Deviceless-000309	joseab04@gmail...	24-12-2022	95.500	36.570
MED-Deviceless-000308	joseab04@gmail...	23-12-2022	95.500	35.850
MED-Deviceless-000307	joseab04@gmail...	22-12-2022	95.500	36.840
MED-Deviceless-000306	joseab04@gmail...	21-12-2022	95.500	36.430
MED-Deviceless-000305	joseab04@gmail...	20-12-2022	95.500	35.600
MED-Deviceless-000304	joseab04@gmail...	18-12-2022	95.500	36.330

Figura 26

Detalle de la medida del usuario



The screenshot shows the detail view for a specific measurement with ID 'MED-Deviceless-000316'. The page includes a sidebar with options for 'Assigned To', 'Attachments', 'Shared With', and 'Tags'. The main content area displays the measurement details in a form-like layout:

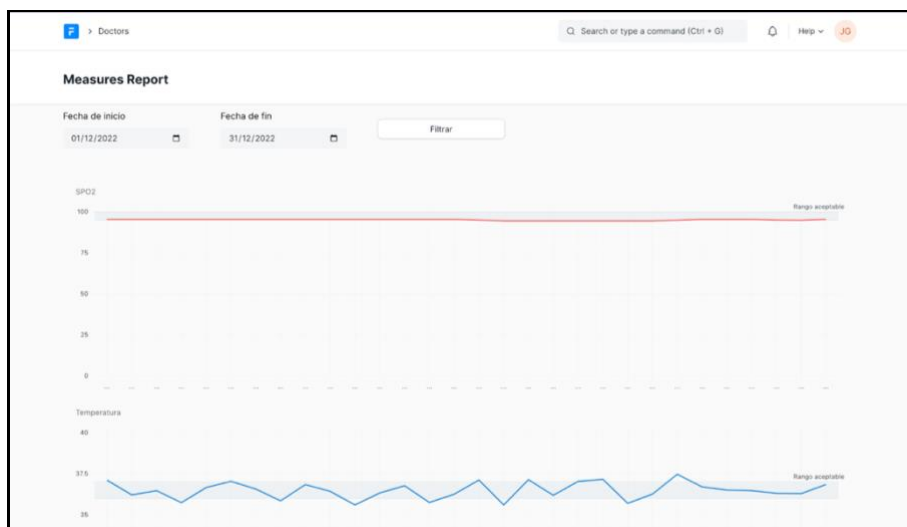
- User:** joseab04@gmail.com
- SpO2:** 95.800
- Id device:** Deviceless
- Temperature:** 36.700
- Date:** 02-01-2023

Below the details, there is a section for 'Add a comment' with a text input field and a 'Comment' button. At the bottom, there is a 'New Email' button and a list of recent actions, including 'You created this 28 minutes ago' and 'You edited this 28 minutes ago'.

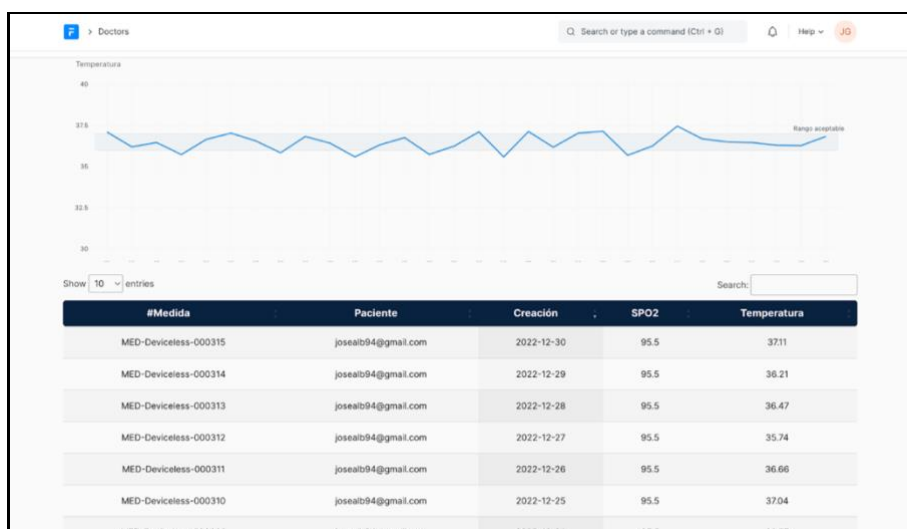
La segunda opción Dashboard, lleva a la gráfica de las medidas que ha ingresado el usuario y también sale el listado en una tabla al final de la página.

Figura 27

Gráficos de las medidas del usuario

**Figura 28**

Gráficos y tabla de las medidas del usuario



Aplicación Móvil

Para la comunicación entre el dispositivo y la aplicación web se desarrolló una aplicación móvil, esto debido a que se buscaba que el dispositivo tenga el menor tamaño y

costo posible. Al utilizar un microcontrolador esp32 para comunicar la medida mediante Wi-Fi se deberían adaptar una serie de botones para establecer la conexión Wi-Fi o hacer uso de una pantalla touch con un costo más elevado. Por este motivo se optó por hacer uso de un módulo de bluetooth (HC-05) en el dispositivo y de esta forma hacer la comunicación entre el dispositivo y un celular con sistema operativo Android que tenga la aplicación móvil desarrollada que es la encargada de realizar la comunicación con la aplicación web.

La aplicación móvil fue desarrollada en Kotlin, esta consta de 3 vistas, la primera es la vista de inicio de sesión; ésta vista está compuesta de dos inputs para el ingreso del usuario y de la contraseña, de un botón que ejecuta el proceso para validar el proceso de ingreso y un cargando que se activa, desde que el proceso de ingreso inicia hasta obtener una respuesta ya sea positiva o negativa.

La segunda vista es el inicio, en donde se valida el estado del Bluetooth, inicia la búsqueda y emparejamiento de los dispositivos Bluetooth, se selecciona el dispositivo que el usuario desea vincular y el envío de los datos a la aplicación web. Adicionalmente se dispone de un botón que lleva a la tercera vista para realizar un registro de medidas de forma manual.

La tercera vista es el ingreso manual, se compone de 2 inputs para el ingreso manual de las medidas de SpO2 y temperatura y 2 botones, uno para regresar al inicio y otro para registrar las medidas en la aplicación web; ésta vista existe porque se quiso dar la opción del seguimiento de las medidas y el análisis de los rangos personalizados de SpO2 sin tener que disponer obligatoriamente del dispositivo, es decir, que si una persona ya tiene un oxímetro y un termómetro puede registrar estas medidas en la app y enviarlas al servidor web para su respectivo procesamiento.

Login Exitoso

En la **Figura 29** se encuentra la pantalla de inicio de sesión, se deben ingresar los datos de usuario y contraseña (1), posteriormente da clic en el botón de login (2), al ser exitoso el ingreso, la aplicación solicita que se encienda el bluetooth en caso de que este apagado (3).

Figura 29

Inicio de sesión exitoso

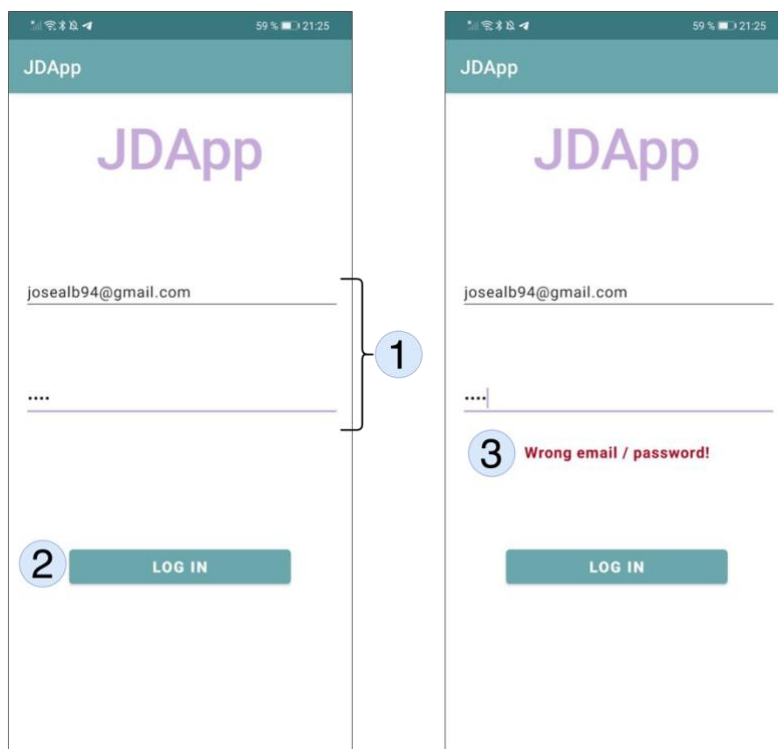


Login Fallido

En la **Figura 30** se encuentra la pantalla de inicio de sesión, se deben ingresar los datos de usuario y contraseña (1), posteriormente da clic en el botón de login (2), al ser ingresados los datos de un usuario que no existe, la aplicación muestra que ocurrió un error en el inicio de sesión (3).

Figura 30

Inicio de sesión fallido

**Gestión del bluetooth**

En la **Figura 31** se muestra la pantalla principal o Home, en caso de que el dispositivo no tenga encendido el bluetooth se solicita al usuario el permiso para habilitar el bluetooth (1), en caso de que el bluetooth se encuentre habilitado o de que el usuario conceda el permiso para la activación del bluetooth, se habilitan los botones para iniciar el procesamiento (2), es decir, los botones para encontrar los dispositivos (3).

En caso de el usuario no conceda el permiso para la activación del bluetooth o que ya dentro de la aplicación el usuario apague el bluetooth, los botones del procesamiento permanecerán bloqueados, como se puede ver en la **Figura 32**, el único botón disponible será el botón que nos lleva a la vista para el registro manual de las medidas (4). Adicionalmente en la parte superior de la pantalla hay un switch que muestra el estado del bluetooth (5), si se

quiere encender el bluetooth se lo puede hacer desde dicho switch o desde el centro de notificaciones del teléfono (6).

Figura 31

Conexión de bluetooth

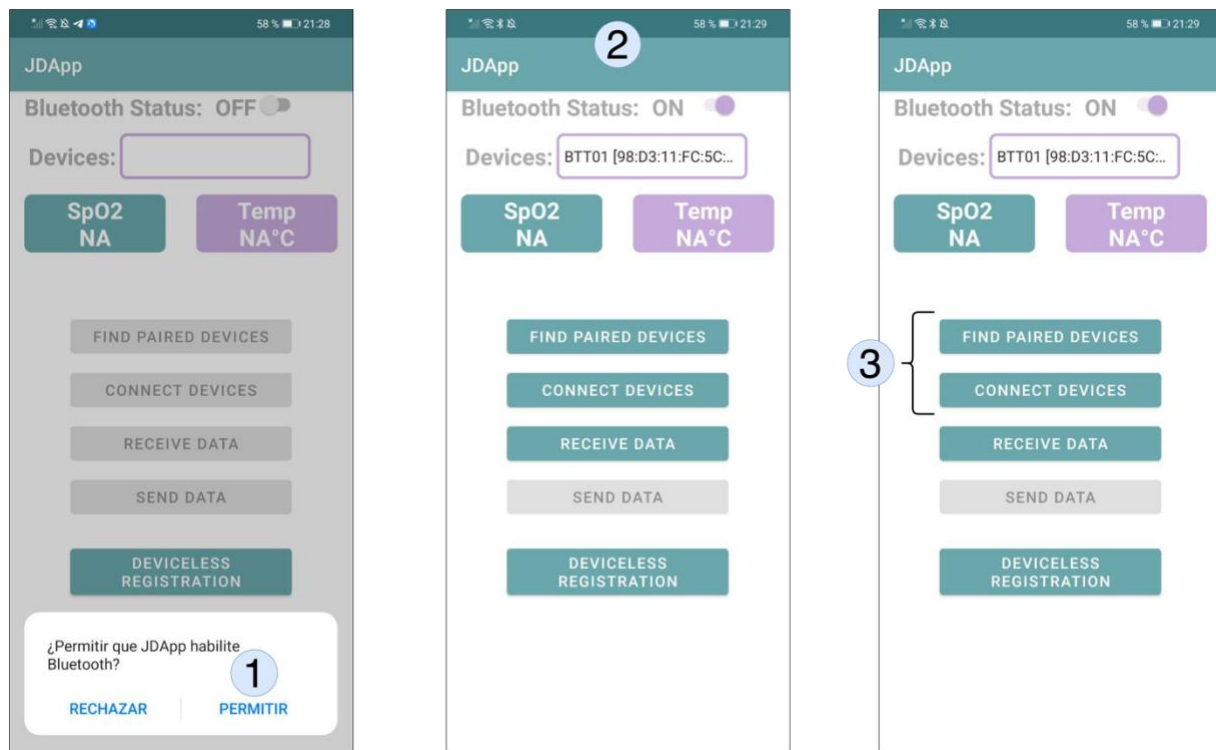
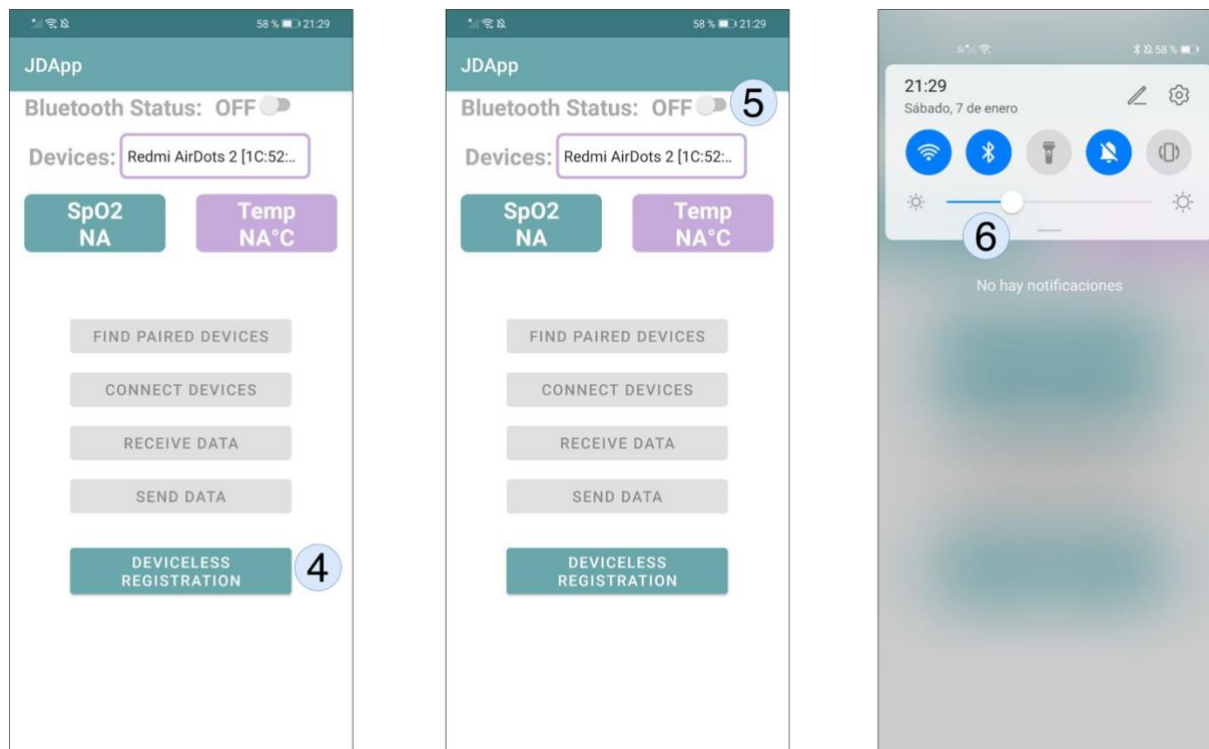


Figura 32

Conexión de bluetooth 2

**Envío de medidas exitoso**

En la **Figura 33** se encuentra la pantalla de inicio, al tener el bluetooth ya encendido, la aplicación cuenta con dos opciones, obtener los dispositivos ya vinculados, que es el botón “FIND PAIRED DEVICES” o buscar los dispositivos, que es el botón “CONNECT DEVICES” (1), en cualquiera de los dos casos que se elija, los dispositivos vinculados o los dispositivos encontrados se cargan en un listado, el usuario debe seleccionar el dispositivo al que se desea conectar (2), cuando el dispositivo se encuentra seleccionado el usuario debe presionar el botón “RECEIVE DATA” (3), con este la aplicación recibe los datos enviados desde el dispositivo.

En la **Figura 34** se están en los contenedores de SpO2 y temperatura (4) que es donde se carga la información enviada desde el dispositivo, una vez que los datos son cargados, se

habilita el botón “SEND DATA” (5), al presionar dicho botón la aplicación procede con el envío de la información a la aplicación web para que se registre la medida (6) y el usuario recibe una respuesta indicando que el almacenamiento se realizó de forma correcta (7).

Figura 33

Envío de medidas

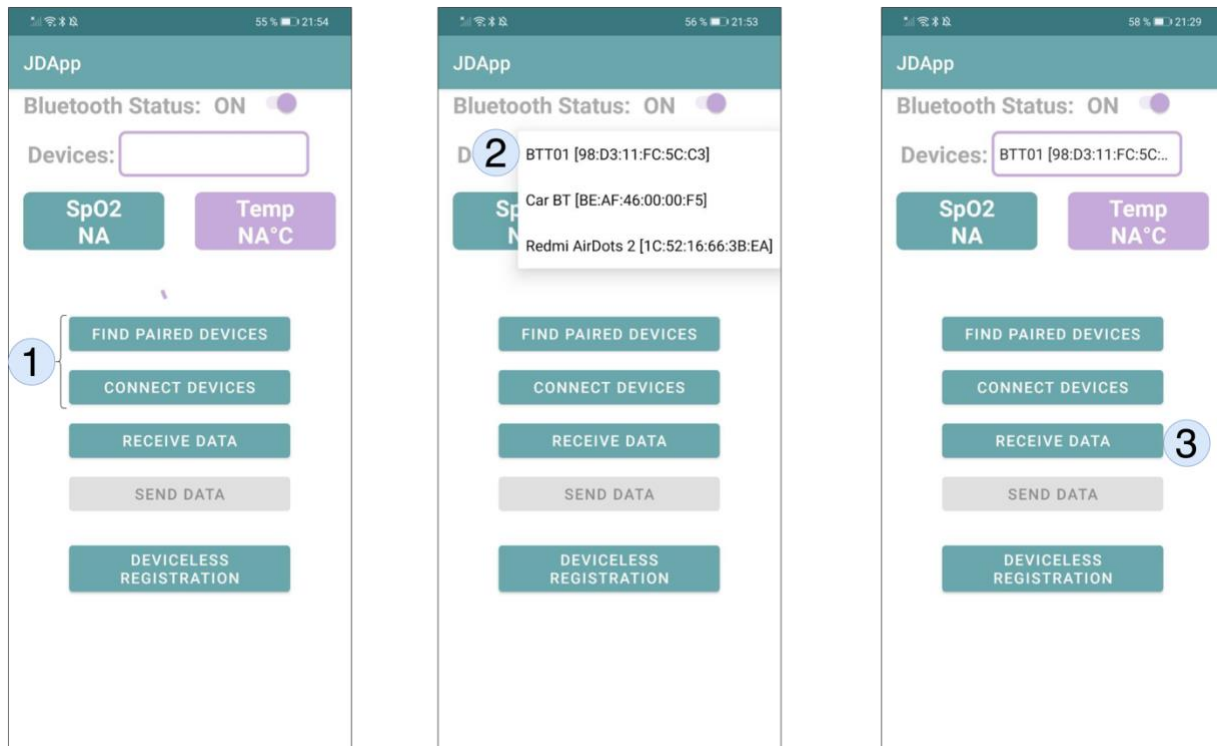
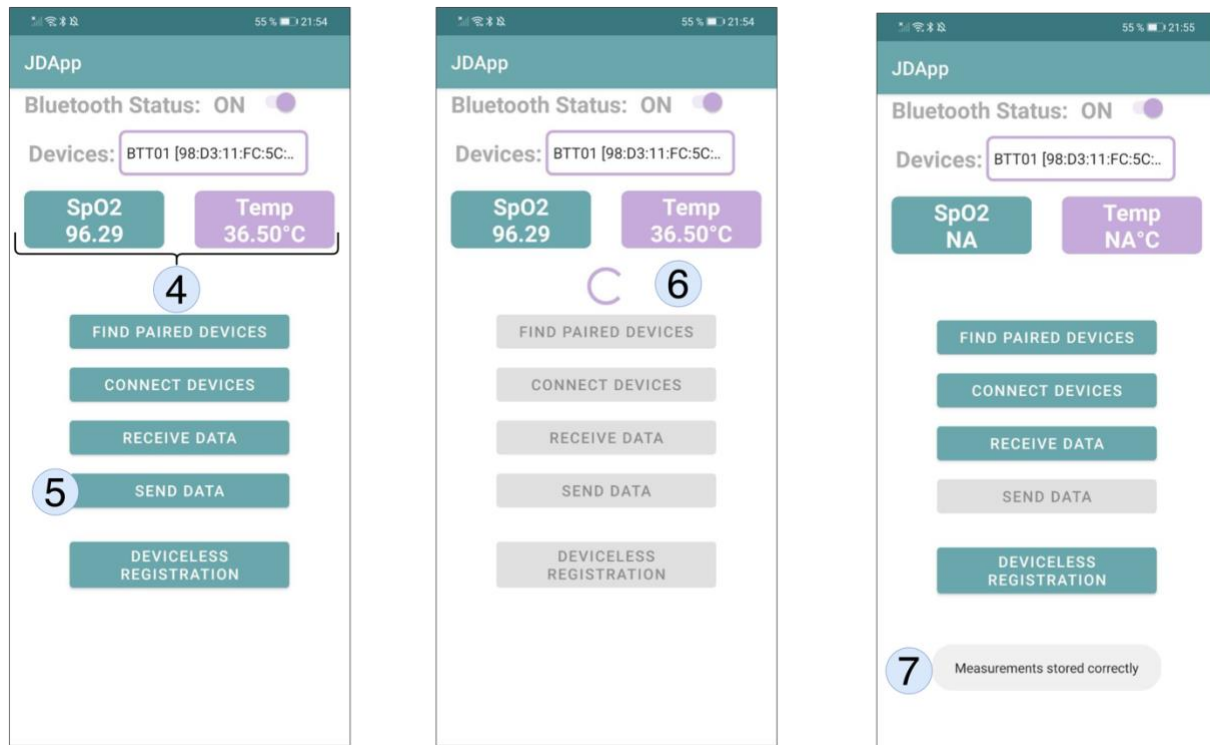


Figura 34

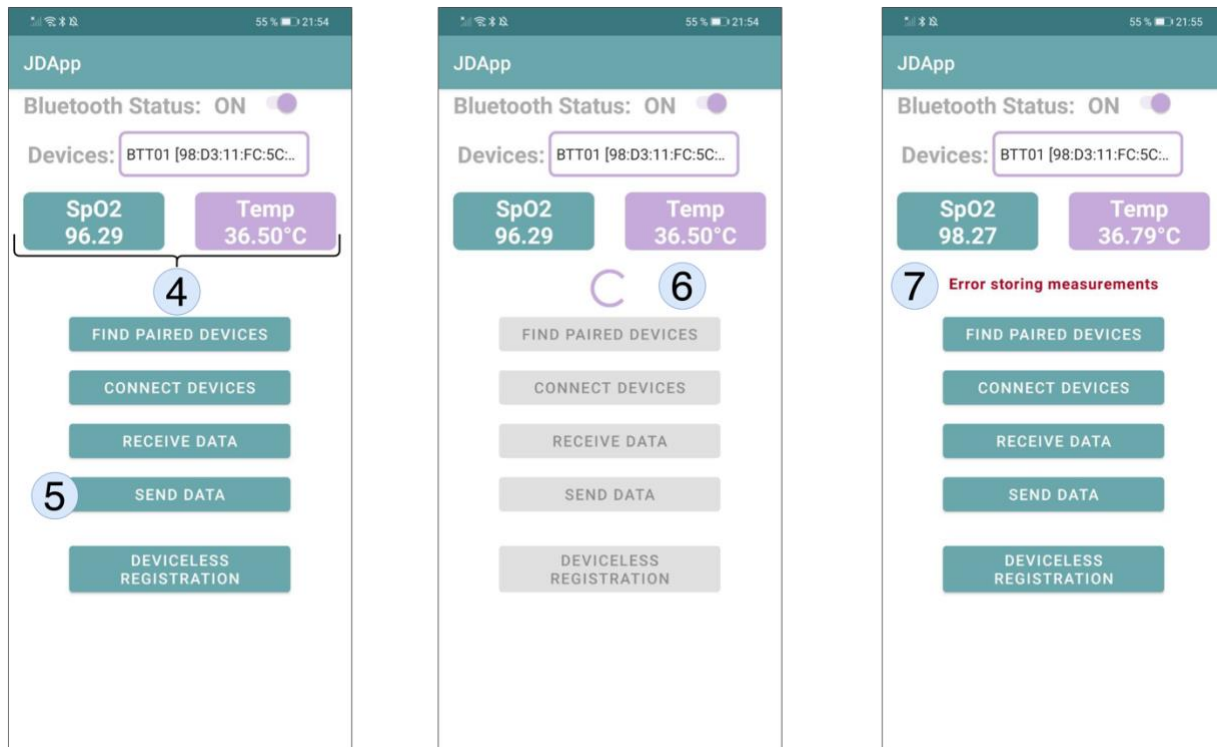
Envío de medidas exitoso

***Envío de medidas fallido***

Teniendo en cuenta los pasos para el envío de la medida tomada a la aplicación web, en caso de que exista algún problema al guardar la información, la aplicación muestra un mensaje de error notificando el fallo al usuario, como se puede ver en la **Figura 35 (7)**.

Figura 35

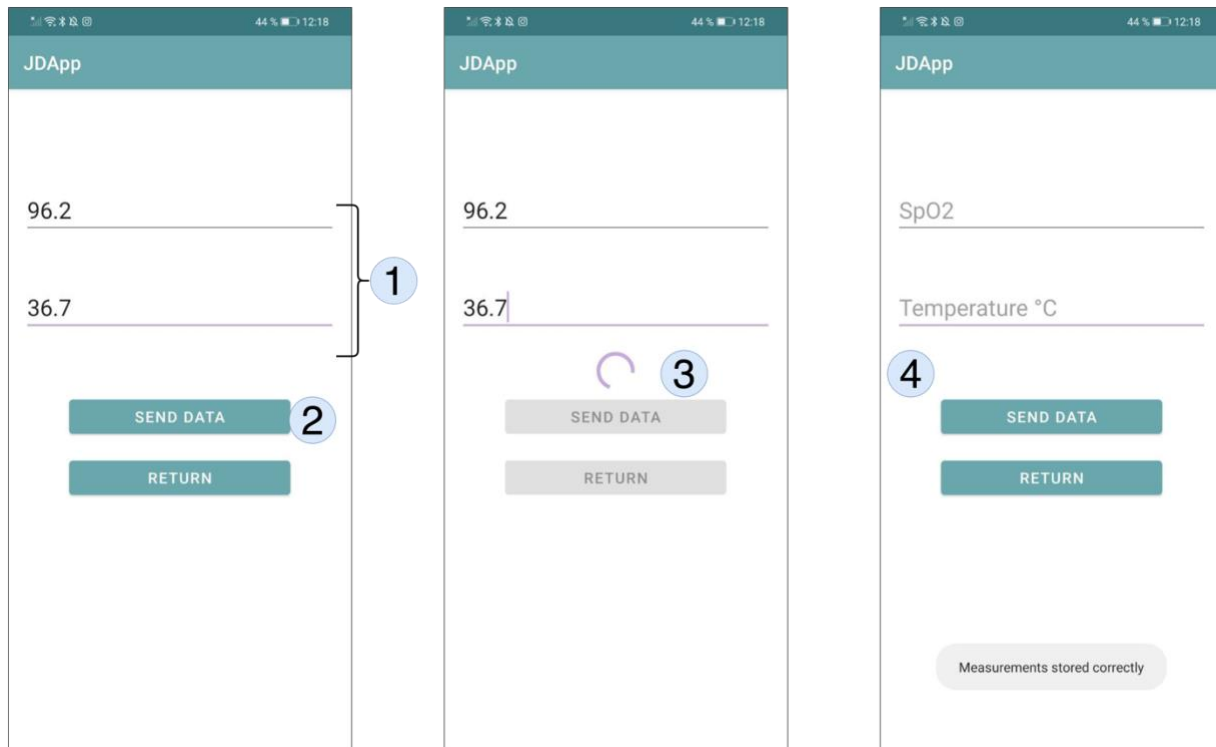
Envío de medidas fallido

**Registro manual de medidas exitoso**

En la **Figura 36** se encuentra la pantalla de registro manual, en esta se ingresan los datos de las medidas de SpO2 y de la temperatura (1), el usuario debe utilizar el botón de “SEND DATA” (2) para que la aplicación envíe las medidas para que se registren en la aplicación web (3), una vez enviadas las medidas, si se guardaron de forma exitosa, la aplicación muestra un mensaje al usuario indicando que las medidas fueron guardadas (4).

Figura 36

Ingreso manual de medidas

**Registro manual de medidas fallido**

En la **Figura 37** se encuentra la pantalla de registro manual, en esta se ingresan los datos de las medidas de SpO2 y de la temperatura (1), el usuario debe utilizar el botón de “SEND DATA” (2) para que la aplicación envíe las medidas para que se registren en la aplicación web (3), en caso de que exista algún problema al enviar o guardar las medidas, la aplicación muestra un mensaje al usuario indicando hubo un error durante el envío (4).

Figura 37

Ingreso manual de medidas fallido



Prototipo Dispositivo

Materiales

Para la construcción del prototipo se utilizaron los siguientes materiales:

- 2 Arduino pro mini 328 5V 16mhz.
- Pantalla OLED 0.96 I2C 128x64.
- Sensor MAX30102.
- NTC 10k ohms NXFT15XH103FA2B100.
- Modulo bluetooth HC-05.
- Batería litio 3.7V 5000 mmAh.
- Modulo cargador de batería Tp4056.
- Pulsador.

- Interruptor 2 posiciones, 3 pines.
- Resistencias de 10k ohm ½ vatio y de 220 ohm ½ vatio.

Costo del prototipo

El costo aproximado del prototipo es de \$66.57, el valor siempre está sujeto a la posible variación de precios en los componentes.

Tabla 4

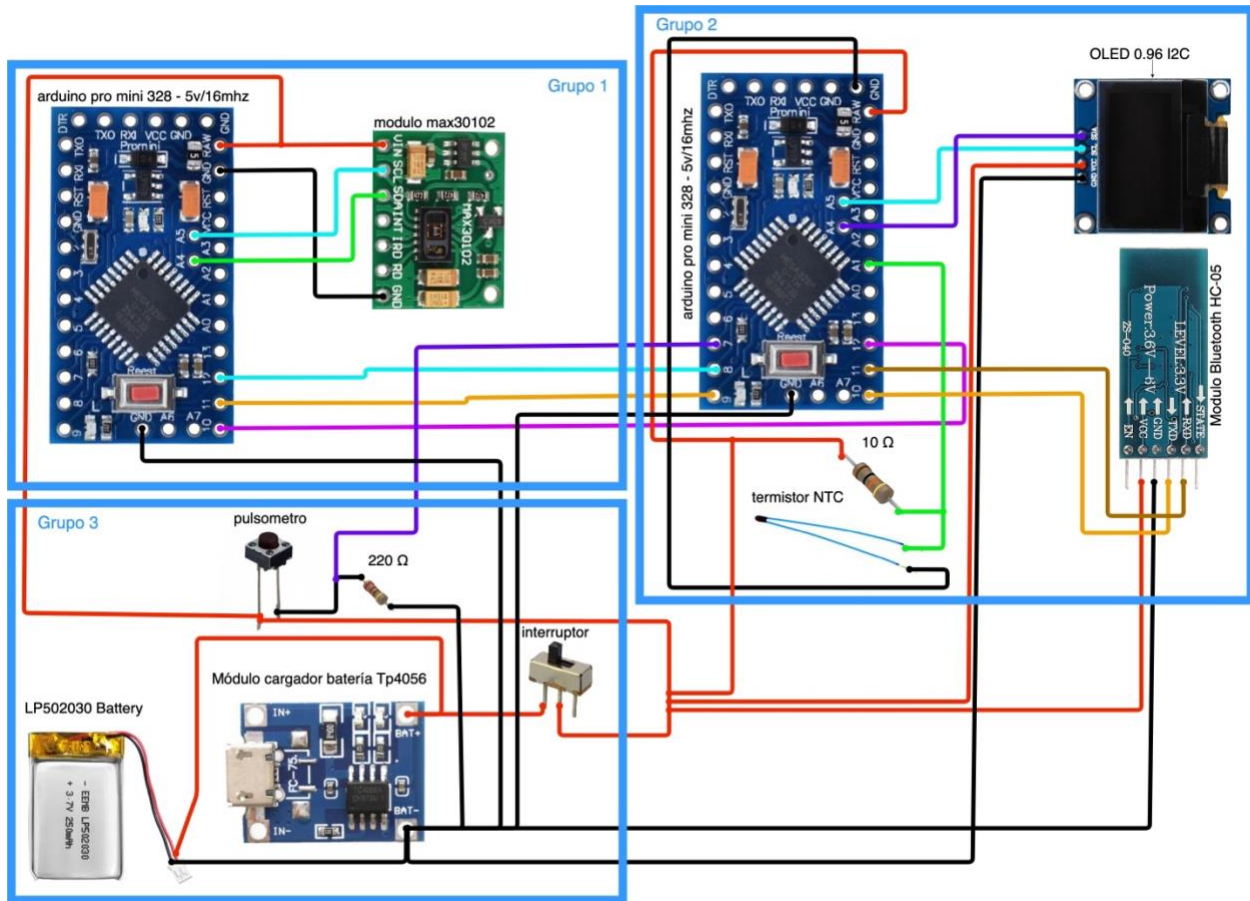
Elementos y precios usados en el dispositivo

Item	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Pantalla OLED 0.96 I2C 128x64	1	\$ 7,50	\$ 7,50
Arduino pro mini 328 5V 16mhz	2	\$ 12,50	\$ 25,00
MAX30102	1	\$ 7,60	\$ 7,60
Pulsador	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Interruptor 2 posiciones, 3 pines	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Resistencia de 10k ohm 1/2 vatio	1	\$ 0,03	\$ 0,03
Resistencia de 220 ohms 1/2 vatio	1	\$ 0,03	\$ 0,03
Módulo cargador batería Tp4056	1	\$ 2,50	\$ 2,50
Batería litio 3,7V 500 mAh	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Módulo Bluetooth HC-05	1	\$ 6,25	\$ 6,25
NTC 10k ohms NXFT15XH103FA2B100	1	\$ 1,00	\$ 1,00
Cables de conexión	1	\$ 2,00	\$ 2,00
Impresión 3D	1	\$ 8,66	\$ 8,66
Termoencogible	1	\$1,00	\$1,00
TOTAL			\$ 66,57

Diagrama del prototipo

Figura 38

Diagrama de conexiones del dispositivo



Desarrollo del prototipo

Como se puede observar en la **Figura 38**, el prototipo está compuesto de dos Arduino pro mini, el primero (Grupo 2) se encarga de la comunicación con la pantalla, la lectura y procesamiento de los datos del sensor de temperatura (NTC), la comunicación con el módulo de bluetooth para enviar los datos procesados e iniciar el proceso para la recolección de las medidas de SpO2 y de temperatura. El segundo (Grupo 1) será el encargado de la lectura y procesamiento de los datos obtenidos mediante el sensor MAX30102. El dispositivo hace uso de dos Arduino pro mini porque, al cargar las librerías de los módulos, sensores, pantalla, etc.

a un solo Arduino se satura la memoria, aunque había la posibilidad de cambiar a un Arduino con más capacidad, esto significaba un cambio importante en el tamaño del dispositivo, motivo por el cual se decidió utilizar dos Arduino pro mini aumentando pocos milímetros la altura del dispositivo. En el (Grupo 3) se detalla las conexiones que se encargan de la alimentación del dispositivo, este grupo consta de una batería recargable, el módulo cargador de la batería, el interruptor para encender o apagar el dispositivo y un botón que le indica al dispositivo que debe iniciar la recolección de medidas.

El Arduino que se encarga de obtener la medida de SpO₂ obtiene las medidas del sensor, verifica si una medida es válida, para lo cual se estableció un rango válido que va desde 85 a 99, los valores que estén fuera de este rango son considerados inválidos. Esto ya que las medidas que obtiene el sensor varían según la presión del dedo sobre el sensor y a la intensidad de los leds del sensor, el diseño actual permite que la presión del dedo varíe en cada medida, el rango de medidas validas es la parte del algoritmo que nos permite descartar medidas poco realistas. La muestra está compuesta de 100 medidas las cuales se usan para el cálculo del SpO₂. El cálculo de SpO₂ se lo realiza utilizando un método que proporciona la librería del sensor, este método utiliza la muestra para el cálculo.

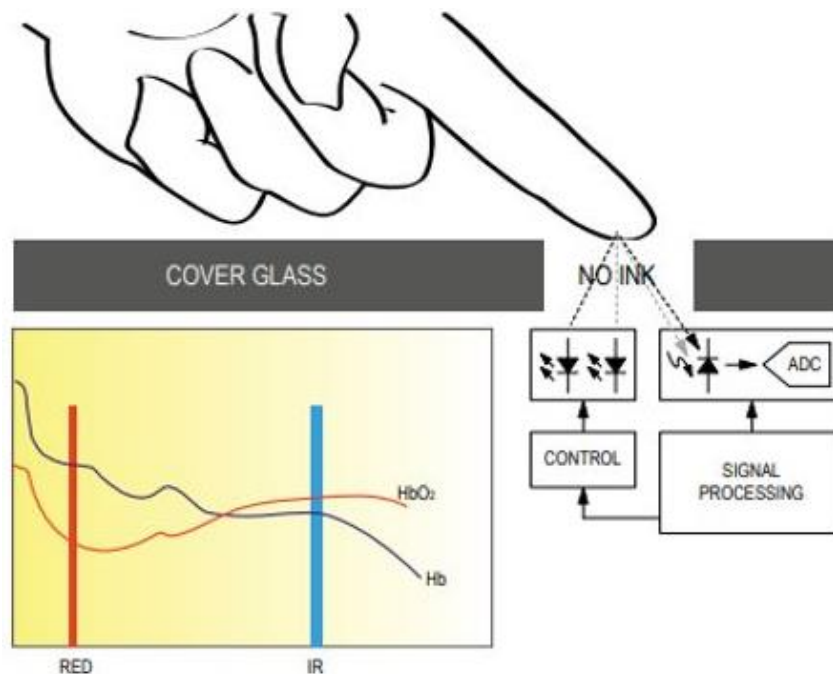
Para la medida del SpO₂ se utilizó el sensor MAX30102. Entre sus características y beneficios descritos en su datasheet (Maxim Integrated Products, 2020) encontramos: su pequeño tamaño, dispone de una cubierta de vidrio integrada que permite un mejor rendimiento, energía ultra baja ideal para dispositivos móviles, la frecuencia de muestreo es programable, etc. El sensor consta de dos LED (Red y IR), un fotodetector, óptica optimizada y componentes de procesamiento de señal de ruido bajo. Para la comunicación con microcontroladores el sensor usa los pines I2C (SCL y SDA).

Según (Maxim Integrated Products, 2020) en la sangre la hemoglobina es la encargada de transportar el oxígeno. Tomando esto en cuenta, el oxímetro de pulso pasa luz a través de

la sangre de los dedos y de esta forma detectar la cantidad de oxígeno al medir los cambios en la absorción de luz. El sensor MAX30102 utiliza sus dos leds (Red e IR) para emitir luces a diferentes longitudes de onda, ~660nm para el LED rojo y ~880nm para el LED IR, bajo estas condiciones la hemoglobina oxigenada y desoxigenada tiene propiedades de absorción diferentes. Como se observa en la Figura 37, la hemoglobina oxigenada absorbe más luz infrarroja y refleja la luz roja y la hemoglobina desoxigenada absorbe más luz roja y refleja la luz infrarroja. El fotodetector es el encargado de leer la luz reflejada siendo el SpO2 la proporción de luz IR y Red

Figura 39

MAX30100 System Block Diagram



Obtenida de (Maxim Integrated Products, 2020)

Para calcular la temperatura se utilizó el termistor NTC NXFT15XH103FA2B100. En su datasheet (Manufacturing Co, 2020) podemos encontrar que el termistor tiene las siguientes

características: excelente soldabilidad y alta estabilidad, excelente estabilidad a largo plazo y alta precisión en resistencia y B-Constante

En el tiempo en que se llevó a cabo el tema de tesis encontramos que se acababa de lanzar la Raspberry Pi Pico, un microcontrolador que tiene mejor capacidad en procesamiento y en memoria comparado con el Arduino pro mini. Este microcontrolador junto con el ESP32 y el ESP8266 pueden ser interesantes casos de estudio para un futuro proyecto con la finalidad de disminuir el costo y tamaño del prototipo.

Figura 40

Dispositivo armado



Figura 41

Dispositivo funcionando



Análisis de rango personalizado de SpO2

En el endpoint de la aplicación web que permite registrar la medida se realiza un procesamiento de las medidas, para éste procesamiento se tomó en cuenta el consejo de la doctora que nos ayudó con la validación del sistema, quien nos indicó que para un caso preventivo de enfermedad, es decir, en un caso en que no se esté realizando un seguimiento de alguna enfermedad ya confirmada, los ultimas 20 medidas obtenidas en diferentes días son suficientes para realizar un análisis de los históricos de las medidas. Tomando en cuenta la opinión de la doctora, se realizó un análisis con el dataset (Bhogal & Mani, 2017) y el dataset (Pimentel et al., 2017), el primer dataset contiene medidas de SpO2 de 36 pacientes, y el segundo dataset contiene la medida de 53 pacientes, para el análisis del rango personalizado en ambos casos se procesó la información utilizando python y sus librerías pandas y numpy, se obtuvo el promedio de las medidas, se generó un rango basado en el promedio de las medidas con $\pm 2\%$, es decir, si la medida promedio de un paciente es 98% su rango personalizado será de 96% a 100% y se analizó las medidas de cada paciente de los dataset

para ver el porcentaje de las medidas que salen del rango personalizado. En el caso de ambos dataset se realizó dicho proceso para las 20, 100, 500 y 1000 últimas medidas obtenidas obteniendo el 0% de medidas fuera del rango personalizado.

Análisis de temperatura

El proyecto contempla un único dispositivo que obtenga la medida de SpO2 y de la temperatura, siendo el SpO2 la medida prioritaria para el respectivo análisis, en el caso de la temperatura al validar el proceso de medición con la doctora, nos comentó que para tener una medida más precisa de la temperatura se la puede realizar en la boca, en la parte inferior de la lengua, en la axila o en el recto y que la medida de SpO2 se la debe realizar en el dedo, esto generó que la medida de temperatura que obtiene el sensor en el dedo no sea precisa, es decir, su valor variaba mucho en periodos muy cortos de tiempo, adicionalmente para tener una medida un poco cercana a la realidad en el caso de la temperatura el dispositivo debía permanecer en el dedo por un lapso de entre 5-7 minutos teniendo un movimiento mínimo del dedo, siendo este un tiempo demasiado largo para obtener una medida válida.

Capítulo IV

Evaluación

Análisis de rango personalizado de SpO2

En el análisis que se realizó para la validación del rango personalizado se obtuvo el 0% de medidas que salieron del rango personalizado utilizando el promedio de las medidas como la base para este nuevo rango, aunque hay que tener en cuenta que la función de este rango personalizado es que el doctor sea notificado sobre alguna anomalía en las medidas de alguno de sus pacientes y no necesariamente sea que el paciente tenga alguna enfermedad, el médico con el conocimiento del estado del paciente, sabiendo que enfermedades tiene, será quien determine la condición del paciente o si requiere un seguimiento más preciso. La aplicación web es una herramienta para que el doctor pueda tener acceso a estos cambios del SpO2 lo antes posible.

Figura 42

Análisis del rango personalizado de las ultimas 20 medidas (Bhogal & Mani, 2017)

	patient	average	range	percentage	outRange
0	paciente01	97.94	[95.94 - 99.94]	0.0%	-
1	paciente02	97.65	[95.65 - 99.65]	0.0%	-
2	paciente03	94.35	[92.35 - 96.35]	0.0%	-
3	paciente04	95.67	[93.67 - 97.67]	0.0%	-
4	paciente05	94.05	[92.05 - 96.05]	0.0%	-
5	paciente06	95.16	[93.16 - 97.16]	0.0%	-
6	paciente07	97.66	[95.66 - 99.66]	0.0%	-
7	paciente08	97.46	[95.46 - 99.46]	0.0%	-
8	paciente09	99.60	[97.6 - 100]	0.0%	-
9	paciente10	97.30	[95.3 - 99.3]	0.0%	-
10	paciente11	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
11	paciente12	96.69	[94.69 - 98.69]	0.0%	-
12	paciente13	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
13	paciente14	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
14	paciente15	95.74	[93.74 - 97.74]	0.0%	-
15	paciente16	98.50	[96.5 - 100]	0.0%	-
16	paciente17	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
17	paciente18	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
18	paciente19	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
19	paciente20	99.10	[97.1 - 100]	0.0%	-
20	paciente21	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
21	paciente22	97.60	[95.6 - 99.6]	0.0%	-
22	paciente23	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
23	paciente24	96.11	[94.11 - 98.11]	0.0%	-
24	paciente25	99.50	[97.5 - 100]	0.0%	-
25	paciente26	97.50	[95.5 - 99.5]	0.0%	-
26	paciente27	97.43	[95.43 - 99.43]	0.0%	-
27	paciente28	99.60	[97.6 - 100]	0.0%	-
28	paciente29	98.43	[96.43 - 100]	0.0%	-
29	paciente30	99.60	[97.6 - 100]	0.0%	-
30	paciente31	99.60	[97.6 - 100]	0.0%	-
31	paciente32	99.60	[97.6 - 100]	0.0%	-
32	paciente33	97.02	[95.02 - 99.02]	0.0%	-
33	paciente34	99.60	[97.6 - 100]	0.0%	-
34	paciente35	97.98	[95.98 - 99.98]	0.0%	-
35	paciente36	98.40	[96.4 - 100]	0.0%	-

Figura 43

Análisis del rango personalizado de las ultimas 100 medidas (Bhogal & Mani, 2017)

	pacient	average	range	percentage	outRange
0	paciente01	97.62	[95.62 - 99.62]	0.0%	-
1	paciente02	98.10	[96.1 - 100]	0.0%	-
2	paciente03	94.33	[92.33 - 96.33]	0.0%	-
3	paciente04	95.41	[93.41 - 97.41]	0.0%	-
4	paciente05	93.97	[91.97 - 95.97]	0.0%	-
5	paciente06	95.36	[93.36 - 97.36]	0.0%	-
6	paciente07	97.34	[95.34 - 99.34]	0.0%	-
7	paciente08	97.60	[95.6 - 99.6]	0.0%	-
8	paciente09	99.17	[97.17 - 100]	0.0%	-
9	paciente10	97.47	[95.47 - 99.47]	0.0%	-
10	paciente11	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
11	paciente12	97.63	[95.63 - 99.63]	0.0%	-
12	paciente13	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
13	paciente14	98.56	[96.56 - 100]	0.0%	-
14	paciente15	97.21	[95.21 - 99.21]	0.0%	-
15	paciente16	98.61	[96.61 - 100]	0.0%	-
16	paciente17	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
17	paciente18	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
18	paciente19	98.60	[96.6 - 100]	0.0%	-
19	paciente20	98.90	[96.9 - 100]	0.0%	-
20	paciente21	98.65	[96.65 - 100]	0.0%	-
21	paciente22	97.29	[95.29 - 99.29]	0.0%	-
22	paciente23	98.27	[96.27 - 100]	0.0%	-
23	paciente24	95.36	[93.36 - 97.36]	0.0%	-
24	paciente25	98.35	[96.35 - 100]	0.0%	-
25	paciente26	97.31	[95.31 - 99.31]	0.0%	-
26	paciente27	97.53	[95.53 - 99.53]	0.0%	-
27	paciente28	99.04	[97.04 - 100]	0.0%	-
28	paciente29	97.84	[95.84 - 99.84]	0.0%	-
29	paciente30	99.53	[97.53 - 100]	0.0%	-
30	paciente31	99.77	[97.77 - 100]	0.0%	-
31	paciente32	99.73	[97.73 - 100]	0.0%	-
32	paciente33	96.46	[94.46 - 98.46]	0.0%	-
33	paciente34	99.27	[97.27 - 100]	0.0%	-
34	paciente35	98.34	[96.34 - 100]	0.0%	-
35	paciente36	98.64	[96.64 - 100]	0.0%	-

Figura 44

Análisis del rango personalizado de las últimas 500 medidas (Bhogal & Mani, 2017)

	pacient	average	range	percentage	outRange
0	paciente01	97.52	[95.52 - 99.52]	0.0%	-
1	paciente02	98.08	[96.08 - 100]	0.0%	-
2	paciente03	94.16	[92.16 - 96.16]	0.0%	-
3	paciente04	95.02	[93.02 - 97.02]	0.0%	-
4	paciente05	93.79	[91.79 - 95.79]	0.0%	-
5	paciente06	96.55	[94.55 - 98.55]	0.0%	-
6	paciente07	97.67	[95.67 - 99.67]	0.0%	-
7	paciente08	97.96	[95.96 - 99.96]	0.0%	-
8	paciente09	98.74	[96.74 - 100]	0.0%	-
9	paciente10	97.35	[95.35 - 99.35]	0.0%	-
10	paciente11	98.72	[96.72 - 100]	0.0%	-
11	paciente12	97.26	[95.26 - 99.26]	0.0%	-
12	paciente13	98.59	[96.59 - 100]	0.0%	-
13	paciente14	98.16	[96.16 - 100]	0.0%	-
14	paciente15	97.47	[95.47 - 99.47]	0.0%	-
15	paciente16	98.63	[96.63 - 100]	0.0%	-
16	paciente17	98.73	[96.73 - 100]	0.0%	-
17	paciente18	98.43	[96.43 - 100]	0.0%	-
18	paciente19	98.93	[96.93 - 100]	0.0%	-
19	paciente20	98.66	[96.66 - 100]	0.0%	-
20	paciente21	98.77	[96.77 - 100]	0.0%	-
21	paciente22	97.10	[95.1 - 99.1]	0.0%	-
22	paciente23	97.58	[95.58 - 99.58]	0.0%	-
23	paciente24	95.69	[93.69 - 97.69]	0.0%	-
24	paciente25	97.55	[95.55 - 99.55]	0.0%	-
25	paciente26	96.73	[94.73 - 98.73]	0.0%	-
26	paciente27	97.87	[95.87 - 99.87]	0.0%	-
27	paciente28	98.75	[96.75 - 100]	0.0%	-
28	paciente29	97.94	[95.94 - 99.94]	0.0%	-
29	paciente30	99.43	[97.43 - 100]	0.0%	-
30	paciente31	99.64	[97.64 - 100]	0.0%	-
31	paciente32	99.18	[97.18 - 100]	0.0%	-
32	paciente33	96.61	[94.61 - 98.61]	0.0%	-
33	paciente34	98.86	[96.86 - 100]	0.0%	-
34	paciente35	98.22	[96.22 - 100]	0.0%	-
35	paciente36	98.56	[96.56 - 100]	0.0%	-

Figura 45

Análisis del rango personalizado de las ultimas 1000 medidas (Bhogal & Mani, 2017)

	patient	average	range	percentage	outRange
0	paciente01	97.60	[95.6 - 99.6]	0.0%	-
1	paciente02	98.16	[96.16 - 100]	0.0%	-
2	paciente03	94.23	[92.23 - 96.23]	0.0%	-
3	paciente04	95.21	[93.21 - 97.21]	0.0%	-
4	paciente05	93.60	[91.6 - 95.6]	0.0%	-
5	paciente06	96.56	[94.56 - 98.56]	0.0%	-
6	paciente07	97.79	[95.79 - 99.79]	0.0%	-
7	paciente08	98.10	[96.1 - 100]	0.0%	-
8	paciente09	98.66	[96.66 - 100]	0.0%	-
9	paciente10	97.39	[95.39 - 99.39]	0.0%	-
10	paciente11	98.85	[96.85 - 100]	0.0%	-
11	paciente12	96.88	[94.88 - 98.88]	0.0%	-
12	paciente13	98.50	[96.5 - 100]	0.0%	-
13	paciente14	97.96	[95.96 - 99.96]	0.0%	-
14	paciente15	97.32	[95.32 - 99.32]	0.0%	-
15	paciente16	98.43	[96.43 - 100]	0.0%	-
16	paciente17	98.84	[96.84 - 100]	0.0%	-
17	paciente18	98.34	[96.34 - 100]	0.0%	-
18	paciente19	98.75	[96.75 - 100]	0.0%	-
19	paciente20	98.53	[96.53 - 100]	0.0%	-
20	paciente21	98.70	[96.7 - 100]	0.0%	-
21	paciente22	96.84	[94.84 - 98.84]	0.0%	-
22	paciente23	97.22	[95.22 - 99.22]	0.0%	-
23	paciente24	96.10	[94.1 - 98.1]	0.0%	-
24	paciente25	97.03	[95.03 - 99.03]	0.0%	-
25	paciente26	96.53	[94.53 - 98.53]	0.0%	-
26	paciente27	97.74	[95.74 - 99.74]	0.0%	-
27	paciente28	98.53	[96.53 - 100]	0.0%	-
28	paciente29	98.00	[96.0 - 100.0]	0.0%	-
29	paciente30	99.28	[97.28 - 100]	0.0%	-
30	paciente31	99.57	[97.57 - 100]	0.0%	-
31	paciente32	98.92	[96.92 - 100]	0.0%	-
32	paciente33	96.80	[94.8 - 98.8]	0.0%	-
33	paciente34	98.73	[96.73 - 100]	0.0%	-
34	paciente35	98.27	[96.27 - 100]	0.0%	-
35	paciente36	98.47	[96.47 - 100]	0.0%	-

Figura 46

Análisis del rango personalizado de las ultimas 20 medidas (Pimentel et al., 2017)

	pacient	average	range	percentage	outRange
0	paciente01	97.00	[95.0 - 99.0]	0.0%	-
1	paciente02	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
2	paciente03	96.30	[94.3 - 98.3]	0.0%	-
3	paciente04	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
4	paciente05	99.40	[97.4 - 100]	0.0%	-
5	paciente06	99.00	[97.0 - 100]	0.0%	-
6	paciente07	95.00	[93.0 - 97.0]	0.0%	-
7	paciente08	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
8	paciente09	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
9	paciente10	99.20	[97.2 - 100]	0.0%	-
10	paciente11	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
11	paciente12	96.00	[94.0 - 98.0]	0.0%	-
12	paciente13	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
13	paciente14	99.00	[97.0 - 100]	0.0%	-
14	paciente15	99.00	[97.0 - 100]	0.0%	-
15	paciente16	96.55	[94.55 - 98.55]	0.0%	-
16	paciente17	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
17	paciente18	98.40	[96.4 - 100]	0.0%	-
18	paciente19	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
19	paciente20	99.75	[97.75 - 100]	0.0%	-
20	paciente21	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
21	paciente22	91.05	[89.05 - 93.05]	0.0%	-
22	paciente23	97.85	[95.85 - 99.85]	0.0%	-
23	paciente24	98.00	[96.0 - 100.0]	0.0%	-
24	paciente25	98.89	[96.89 - 100]	0.0%	-
25	paciente26	95.05	[93.05 - 97.05]	0.0%	-
26	paciente27	96.00	[94.0 - 98.0]	0.0%	-
27	paciente28	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
28	paciente29	92.35	[90.35 - 94.35]	0.0%	-
29	paciente30	94.25	[92.25 - 96.25]	0.0%	-
30	paciente31	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
31	paciente32	84.45	[82.45 - 86.45]	0.0%	-
32	paciente33	93.10	[91.1 - 95.1]	0.0%	-
33	paciente34	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
34	paciente35	96.10	[94.1 - 98.1]	0.0%	-
35	paciente36	98.00	[96.0 - 100.0]	0.0%	-
36	paciente37	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
37	paciente38	94.00	[92.0 - 96.0]	0.0%	-
38	paciente39	98.00	[96.0 - 100.0]	0.0%	-
39	paciente40	96.40	[94.4 - 98.4]	0.0%	-
40	paciente41	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
41	paciente42	95.00	[93.0 - 97.0]	0.0%	-
42	paciente43	96.60	[94.6 - 98.6]	0.0%	-
43	paciente44	97.45	[95.45 - 99.45]	0.0%	-
44	paciente45	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
45	paciente46	95.80	[93.8 - 97.8]	0.0%	-
46	paciente47	97.25	[95.25 - 99.25]	0.0%	-
47	paciente48	99.00	[97.0 - 100]	0.0%	-
48	paciente49	85.65	[83.65 - 87.65]	0.0%	-
49	paciente50	98.75	[96.75 - 100]	0.0%	-
50	paciente51	98.30	[96.3 - 100]	0.0%	-
51	paciente52	92.75	[90.75 - 94.75]	0.0%	-
52	paciente53	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-

Figura 47

Análisis del rango personalizado de las ultimas 100 medidas (Pimentel et al., 2017)

	pacient	average	range	percentage	outRange
0	paciente01	97.09	[95.09 - 99.09]	0.0%	-
1	paciente02	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
2	paciente03	96.40	[94.4 - 98.4]	0.0%	-
3	paciente04	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
4	paciente05	99.51	[97.51 - 100]	0.0%	-
5	paciente06	99.00	[97.0 - 100]	0.0%	-
6	paciente07	95.00	[93.0 - 97.0]	0.0%	-
7	paciente08	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
8	paciente09	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
9	paciente10	98.15	[96.15 - 100]	0.0%	-
10	paciente11	99.57	[97.57 - 100]	0.0%	-
11	paciente12	96.00	[94.0 - 98.0]	0.0%	-
12	paciente13	99.94	[97.94 - 100]	0.0%	-
13	paciente14	98.55	[96.55 - 100]	0.0%	-
14	paciente15	98.41	[96.41 - 100]	0.0%	-
15	paciente16	96.91	[94.91 - 98.91]	0.0%	-
16	paciente17	93.08	[91.08 - 95.08]	0.0%	-
17	paciente18	98.08	[96.08 - 100]	0.0%	-
18	paciente19	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
19	paciente20	99.68	[97.68 - 100]	0.0%	-
20	paciente21	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
21	paciente22	91.57	[89.57 - 93.57]	0.0%	-
22	paciente23	98.19	[96.19 - 100]	0.0%	-
23	paciente24	98.25	[96.25 - 100]	0.0%	-
24	paciente25	97.69	[95.69 - 99.69]	0.0%	-
25	paciente26	94.98	[92.98 - 96.98]	0.0%	-
26	paciente27	96.00	[94.0 - 98.0]	0.0%	-
27	paciente28	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
28	paciente29	92.59	[90.59 - 94.59]	0.0%	-
29	paciente30	94.85	[92.85 - 96.85]	0.0%	-
30	paciente31	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
31	paciente32	84.57	[82.57 - 86.57]	0.0%	-
32	paciente33	93.85	[91.85 - 95.85]	0.0%	-
33	paciente34	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
34	paciente35	96.23	[94.23 - 98.23]	0.0%	-
35	paciente36	98.00	[96.0 - 100.0]	0.0%	-
36	paciente37	99.79	[97.79 - 100]	0.0%	-
37	paciente38	93.95	[91.95 - 95.95]	0.0%	-
38	paciente39	97.52	[95.52 - 99.52]	0.0%	-
39	paciente40	96.55	[94.55 - 98.55]	0.0%	-
40	paciente41	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
41	paciente42	95.00	[93.0 - 97.0]	0.0%	-
42	paciente43	96.74	[94.74 - 98.74]	0.0%	-
43	paciente44	97.30	[95.3 - 99.3]	0.0%	-
44	paciente45	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
45	paciente46	94.85	[92.85 - 96.85]	0.0%	-
46	paciente47	96.92	[94.92 - 98.92]	0.0%	-
47	paciente48	98.91	[96.91 - 100]	0.0%	-
48	paciente49	84.85	[82.85 - 86.85]	0.0%	-
49	paciente50	98.86	[96.86 - 100]	0.0%	-
50	paciente51	98.53	[96.53 - 100]	0.0%	-
51	paciente52	92.55	[90.55 - 94.55]	0.0%	-
52	paciente53	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-

Figura 48

Análisis del rango personalizado de las ultimas 500 medidas (Pimentel et al., 2017)

	pacient	average	range	percentage	outRange
0	paciente01	96.92	[94.92 - 98.92]	0.0%	-
1	paciente02	99.99	[97.99 - 100]	0.0%	-
2	paciente03	95.75	[93.75 - 97.75]	0.0%	-
3	paciente04	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
4	paciente05	99.38	[97.38 - 100]	0.0%	-
5	paciente06	99.00	[97.0 - 100]	0.0%	-
6	paciente07	95.00	[93.0 - 97.0]	0.0%	-
7	paciente08	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
8	paciente09	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
9	paciente10	97.95	[95.95 - 99.95]	0.0%	-
10	paciente11	98.01	[96.01 - 100]	0.0%	-
11	paciente12	95.96	[93.96 - 97.96]	0.0%	-
12	paciente13	99.97	[97.97 - 100]	0.0%	-
13	paciente14	98.65	[96.65 - 100]	0.0%	-
14	paciente15	98.18	[96.18 - 100]	0.0%	-
15	paciente16	98.57	[96.57 - 100]	0.0%	-
16	paciente17	93.29	[91.29 - 95.29]	0.0%	-
17	paciente18	97.94	[95.94 - 99.94]	0.0%	-
18	paciente19	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
19	paciente20	99.82	[97.82 - 100]	0.0%	-
20	paciente21	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
21	paciente22	92.32	[90.32 - 94.32]	0.0%	-
22	paciente23	97.94	[95.94 - 99.94]	0.0%	-
23	paciente24	98.17	[96.17 - 100]	0.0%	-
24	paciente25	97.58	[95.58 - 99.58]	0.0%	-
25	paciente26	95.40	[93.4 - 97.4]	0.0%	-
26	paciente27	96.00	[94.0 - 98.0]	0.0%	-
27	paciente28	99.91	[97.91 - 100]	0.0%	-
28	paciente29	92.83	[90.83 - 94.83]	0.0%	-
29	paciente30	95.70	[93.7 - 97.7]	0.0%	-
30	paciente31	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
31	paciente32	84.67	[82.67 - 86.67]	0.0%	-
32	paciente33	93.62	[91.62 - 95.62]	0.0%	-
33	paciente34	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
34	paciente35	96.67	[94.67 - 98.67]	0.0%	-
35	paciente36	98.11	[96.11 - 100]	0.0%	-
36	paciente37	99.52	[97.52 - 100]	0.0%	-
37	paciente38	94.77	[92.77 - 96.77]	0.0%	-
38	paciente39	97.20	[95.2 - 99.2]	0.0%	-
39	paciente40	96.88	[94.88 - 98.88]	0.0%	-
40	paciente41	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
41	paciente42	95.01	[93.01 - 97.01]	0.0%	-
42	paciente43	96.80	[94.8 - 98.8]	0.0%	-
43	paciente44	97.29	[95.29 - 99.29]	0.0%	-
44	paciente45	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
45	paciente46	95.61	[93.61 - 97.61]	0.0%	-
46	paciente47	97.73	[95.73 - 99.73]	0.0%	-
47	paciente48	98.48	[96.48 - 100]	0.0%	-
48	paciente49	85.89	[83.89 - 87.89]	0.0%	-
49	paciente50	98.52	[96.52 - 100]	0.0%	-
50	paciente51	98.31	[96.31 - 100]	0.0%	-
51	paciente52	92.75	[90.75 - 94.75]	0.0%	-
52	paciente53	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-

Figura 49

Análisis del rango personalizado de las ultimas 1000 medidas (Pimentel et al., 2017)

	pacient	average	range	percentage	outRange
0	paciente01	96.92	[94.92 - 98.92]	0.0%	-
1	paciente02	99.99	[97.99 - 100]	0.0%	-
2	paciente03	95.75	[93.75 - 97.75]	0.0%	-
3	paciente04	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
4	paciente05	99.38	[97.38 - 100]	0.0%	-
5	paciente06	99.00	[97.0 - 100]	0.0%	-
6	paciente07	95.00	[93.0 - 97.0]	0.0%	-
7	paciente08	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
8	paciente09	93.00	[91.0 - 95.0]	0.0%	-
9	paciente10	97.95	[95.95 - 99.95]	0.0%	-
10	paciente11	98.01	[96.01 - 100]	0.0%	-
11	paciente12	95.96	[93.96 - 97.96]	0.0%	-
12	paciente13	99.97	[97.97 - 100]	0.0%	-
13	paciente14	98.65	[96.65 - 100]	0.0%	-
14	paciente15	98.18	[96.18 - 100]	0.0%	-
15	paciente16	98.57	[96.57 - 100]	0.0%	-
16	paciente17	93.29	[91.29 - 95.29]	0.0%	-
17	paciente18	97.94	[95.94 - 99.94]	0.0%	-
18	paciente19	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
19	paciente20	99.82	[97.82 - 100]	0.0%	-
20	paciente21	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
21	paciente22	92.32	[90.32 - 94.32]	0.0%	-
22	paciente23	97.94	[95.94 - 99.94]	0.0%	-
23	paciente24	98.17	[96.17 - 100]	0.0%	-
24	paciente25	97.58	[95.58 - 99.58]	0.0%	-
25	paciente26	95.40	[93.4 - 97.4]	0.0%	-
26	paciente27	96.00	[94.0 - 98.0]	0.0%	-
27	paciente28	99.91	[97.91 - 100]	0.0%	-
28	paciente29	92.83	[90.83 - 94.83]	0.0%	-
29	paciente30	95.70	[93.7 - 97.7]	0.0%	-
30	paciente31	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
31	paciente32	84.67	[82.67 - 86.67]	0.0%	-
32	paciente33	93.62	[91.62 - 95.62]	0.0%	-
33	paciente34	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
34	paciente35	96.67	[94.67 - 98.67]	0.0%	-
35	paciente36	98.11	[96.11 - 100]	0.0%	-
36	paciente37	99.52	[97.52 - 100]	0.0%	-
37	paciente38	94.77	[92.77 - 96.77]	0.0%	-
38	paciente39	97.20	[95.2 - 99.2]	0.0%	-
39	paciente40	96.88	[94.88 - 98.88]	0.0%	-
40	paciente41	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
41	paciente42	95.01	[93.01 - 97.01]	0.0%	-
42	paciente43	96.80	[94.8 - 98.8]	0.0%	-
43	paciente44	97.29	[95.29 - 99.29]	0.0%	-
44	paciente45	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-
45	paciente46	95.61	[93.61 - 97.61]	0.0%	-
46	paciente47	97.73	[95.73 - 99.73]	0.0%	-
47	paciente48	98.48	[96.48 - 100]	0.0%	-
48	paciente49	85.89	[83.89 - 87.89]	0.0%	-
49	paciente50	98.52	[96.52 - 100]	0.0%	-
50	paciente51	98.31	[96.31 - 100]	0.0%	-
51	paciente52	92.75	[90.75 - 94.75]	0.0%	-
52	paciente53	100.00	[98.0 - 100]	0.0%	-

En la figura 42, figura 43, figura 44 y figura 45 se observa el resultado del análisis realizado utilizando el dataset (Bhogal & Mani, 2017) con las últimas 20, 100, 500 y 1000 medidas respectivamente. En la figura 46, figura 47, figura 48 y figura 49 se observa el resultado del análisis realizado utilizando el dataset (Pimentel et al., 2017) con las últimas 20, 100, 500 y 1000 respectivamente. Como resultado de los análisis realizados para la validación del algoritmo utilizado para la generación de alerta en el caso del rango personalizado que se detalla en el capítulo III (Modelo Propuesto) se observa que en todos los casos del análisis el 0% de pacientes presentó una variación que genere una alerta.

Análisis de temperatura

En el caso de la temperatura, no se realizó un análisis por los problemas que surgieron con el dispositivo los cuales se detallan en el capítulo III (Modelo Propuesto), sin embargo, de esta parte nace la posibilidad de un proyecto a futuro el cual contemple la separación de ambos sensores teniendo un dispositivo para cada uno, ambos comunicándose con la aplicación móvil y a su vez con la aplicación web y de esta forma dar el uso adecuado a cada uno, para que el cálculo de las medidas sea lo más preciso y permita obtener medidas que si sean aptas para un análisis más efectivo.

Prototipo Dispositivo

El prototipo obtiene las medidas del sensor de SpO2 y del sensor de temperatura, estas medidas son procesadas y enviadas mediante el módulo de bluetooth a la aplicación móvil para su posterior traslado a la aplicación web. Las medidas de SpO2 que obtiene son válidas (85 – 99 configurable en el código del Arduino), presentan una ligera variación contrastando las medidas obtenidas con un oxímetro, esto se debe a la forma de uso del dispositivo, de forma más precisa a la forma en que trabajar el sensor, ya que las medidas que el sensor obtiene varían según la presión del dedo sobre el sensor y a la intensidad de los leds que este utiliza. Para el manejo del sensor se utiliza la librería “SparkFun MAX3010X Pulse

and Proximity Sensor Library”, la librería trae algunos ejemplos básicos de su uso. En el ejemplo de SpO2 se menciona que es recomendable el uso de una banda elástica para ajustar el dedo ya que aplicar una presión variable puede hacer que la sangre en el dedo fluya de forma diferente y que a su vez el sensor obtenga variación en las medidas. Un trabajo a futuro puede ser un rediseño o una mejora al diseño actual para controlar la presión del dedo sobre el sensor y de esta forma definir una intensidad más adecuada y refinar el algoritmo de procesamiento de la muestra para que sea más preciso. En caso de obtener una medida inválida sigue recolectando medidas hasta establecer una muestra adecuada y de esta forma procesar la muestra y presentar en pantalla el resultado de dicho procesamiento.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se realizó una búsqueda de artículos para conocer la actualidad de los dispositivos y herramientas para la medición de SpO₂, en las cuales se comprobó que uno de los parámetros utilizados para detectar a pacientes contagiados de COVID-19 es la variación del SpO₂ y la temperatura, además que se encontró que el dispositivo más utilizado en la actualidad para medir la variación de SpO₂ es el oxímetro.
- Se construyó una aplicación web que dispone de un dashboard donde si el usuario es un paciente puede observar sus medidas filtrándolas por la fecha, si el usuario es doctor, en el dashboard podrá elegir a uno de sus pacientes para visualizar las medidas y filtrarlas por la fecha. Adicionalmente la aplicación web genera 3 tipos de alertas cuando la medida es recolectada, una alerta roja cuando la medida recolectada se encuentra por debajo del 90%, una alerta amarilla cuando la alerta se encuentra entre los 90% y 94%, en ambos casos se agrega un mensaje adicional indicando el rango personalizado, la tercera alerta se genera cuando la medida es superior al 94% pero la medida está fuera del rango personalizado. El rango personalizado se validó con la ayuda de la doctora y con un análisis realizado utilizando 2 datasets de SpO₂ para validar el porcentaje de medidas por paciente que se encuentran fuera del rango, obteniendo que el 0% de medidas por paciente estaban fuera de rango.
- Las medidas del dispositivo fueron validadas con la ayuda de una doctora quien nos indicó que el dispositivo no sería apto para medir la temperatura, siendo este el motivo por el cual se almacena la medida de temperatura recolectada pero no se realiza ningún análisis de esta. En el caso del SpO₂ se validó la recolección de la

medida en un rango válido de valores aprobado por la doctora, las medidas obtenidas por el prototipo tienen una ligera variación contrastándolas con un oxímetro debido a que los valores que el sensor obtiene pueden variar por la presión del dedo contra el sensor y de la intensidad de la luz del sensor.

Recomendaciones

- Se recomienda que en un trabajo futuro el dispositivo sea por separado, uno para la temperatura y otro para el SpO₂, permitiendo el uso correcto del dispositivo, es decir, que la medida de temperatura se pueda recolectar en alguno de los sitios adecuados para su medición, estos sitios son: la boca, la axila y el recto. Y en el caso del dispositivo para medir el SpO₂ que el diseño cuente con una banda elástica o con algún otro sistema para mantener una presión constante del dedo sobre el sensor lo que permitiría ajustar el algoritmo del sensor y con ello reducir la variación en las medidas.
- Se recomienda hacer un análisis cada cierto tiempo del dispositivo, con el objetivo de identificar si se requiere de un refinamiento del algoritmo que calcula el SpO₂ o un rediseño que ayude en la toma de medidas. Realizar una investigación sobre los microcontroladores Raspberry Py Pico, ESP32 o SP8266 para reemplazar el Arduino, con el objetivo de disminuir el costo del dispositivo y el tamaño.
- Se recomienda que para el despliegue de la aplicación web se utilicen las maquinas en la nube que dispone AWS, ya que facilita el escalamiento en caso de que se necesite más capacidad de almacenamiento y procesamiento.

Bibliografía

- Asgharpour, M., Mehdinezhad, H., Bayani, M., Zavareh, M. S. H., Hamidi, S. H., Akbari, R., Ghadimi, R., Bijani, A., & Mouodi, S. (2020). Effectiveness of extracorporeal blood purification (hemoadsorption) in patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19). *BMC Nephrology*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12882-020-02020-3>
- Bhogal, A. S., & Mani, A. R. (2017). Pattern Analysis of Oxygen Saturation Variability in Healthy Individuals: Entropy of Pulse Oximetry Signals Carries Information about Mean Oxygen Saturation. *Frontiers in Physiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00555>
- Cataldo, A. (s/f). *Design Science Research (DSR): Una breve introducción*.
- Clinic, C. (s/f). *COVID-19 and PCR Testing*.
- EL Universo. (2021, abril 21). *Precio de pruebas para detectar coronavirus ya rige una vez que acuerdo ministerial fue publicado en el Registro Oficial*.
- Frappe Framework. (2022, octubre). Why Frappe Framework? <https://frappeframework.com/docs/v14/user/en/basics/why>
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). DESIGN SCIENCE IN INFORMATION SYSTEMS RESEARCH 1. En *Design Science in IS Research MIS Quarterly* (Vol. 28, Issue 1).
- Industriales, E. D. E. I. (2020). *Diseño y prototipado de un dispositivo low- cost para la identificación de un sistema de 1GDL embarcado en una estructura* .
- Instituto, D. E. L., & Nacional, P. (2018). *Sistema de monitoreo ambulatorio de ECG , temperatura y S P O 2 con procesamiento en plataforma Android Tesis que presenta Adriana Yatzin Gómez Horta para obtener el Grado de Maestra en*

Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica Director de la Tesis : Dr . Juan Manuel Gutiérrez Salgado Ciudad de México.

Lam, Rosa. (2015). Enseñanza virtual de investigación médica en Perú: una alternativa de capacitación. *Revista Cubana de Información En Ciencias de La Salud*, 26(2), 1.

Manufacturing Co, M. (2020). *NTC Thermistors R44E.pdf*. <https://www.murata.com/>

Martínez-García, M., Bal-Alvarado, M., Santos Guerra, F., Ares-Rico, R., Suárez-Gil, R., Rodríguez-Álvarez, A., Pérez-López, A., Casariego-Vales, E., Fernández Rial, Á., Rabuñal Rey, R., Rodríguez Álvarez, A., Pérez López, A., Golpe Gómez, R., Gil Mouce, C., Suárez Ramírez, N., Almuiña Simón, C., José Cereijo Quinteiro, M., Daporta Rodríguez, L., Fernández Valdivieso, E., ... Conde Freire, J. (2020). Monitoring of COVID-19 patients via telemedicine with telemonitoring. *Revista Clínica Española (English Edition)*, 220(8), 472–479.
<https://doi.org/10.1016/j.rceng.2020.07.001>

Maxim Integrated Products. (2020). *MAX30102 Datasheet*. Maxim Integrated Products.
<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/859400/MAXIM/MAX30102.html>

Moreno-Olmedo, E., Suárez-Gironzini, V., Pérez, M., Filigheddu, T., Mínguez, C., Sanjuan-Sanjuan, A., González, J. A., Rivas, D., Gorospe, L., Larrea, L., & López, E. (2021). COVID-19 pneumonia treated with ultra-low doses of radiotherapy (ULTRA-COVID study): a single institution report of two cases. *Strahlentherapie Und Onkologie*, 197(5), 429–437. <https://doi.org/10.1007/s00066-020-01743-4>

Nasa, P., Azoulay, E., Khanna, A. K., Jain, R., Gupta, S., Javeri, Y., Juneja, D., Rangappa, P., Sundararajan, K., Alhazzani, W., Antonelli, M., Arabi, Y. M., Bakker, J., Brochard, L. J., Deane, A. M., Du, B., Einav, S., Esteban, A., Gajic, O., ... Myatra, S. N. (2021). Expert consensus statements for the management of COVID-19-

related acute respiratory failure using a Delphi method. *Critical Care*, 25(1), 1–17.

<https://doi.org/10.1186/s13054-021-03491-y>

O'Carroll, O., MacCann, R., O'Reilly, A., Dunican, E. M., Feeney, E. R., Ryan, S., Cotter, A., Mallon, P. W., Keane, M. P., Butler, M. W., & McCarthy, C. (2020). Remote monitoring of oxygen saturation in individuals with COVID-19 pneumonia. *European Respiratory Journal*, 56(2). <https://doi.org/10.1183/13993003.01492-2020>

Okumuş, N., Demirtürk, N., Çetinkaya, R. A., Güner, R., Avcı, İ. Y., Orhan, S., Konya, P., Şaylan, B., Karalezli, A., Yamanel, L., Kayaaslan, B., Yılmaz, G., Savaşçı, Ü., Eser, F., & Taşkın, G. (2021). Evaluation of the effectiveness and safety of adding ivermectin to treatment in severe COVID-19 patients. *BMC Infectious Diseases*, 21(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12879-021-06104-9>

OMS, & OPS. (2020). Aspectos técnicos y regulatorios sobre el uso de oxímetros de pulso en el monitoreo de pacientes con COVID-19. *Organización Mundial de La Salud*, 1–20.

OPS. (2020). *Algoritmo de manejo de pacientes con sospecha de infección por COVID-19 en el primer nivel de atención y en zonas remotas de la región de las Américas, julio del 2020*. 5.

Organización Panamericana de la Salud. (2016). *La OPS y laboratorios de las Américas acuerdan pautas comunes para identificar y monitorear el virus del Zika*.

https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=11703:2016-paho-laboratories-set-guidelines-to-identify-confirm-zika-virus&Itemid=135&lang=es

Organización Panamericana de la Salud. (2019a). *Coronavirus*.

<https://www.paho.org/es/temas/coronavirus>

Organización Panamericana de la Salud. (2019b). *Coronavirus*.

<https://www.paho.org/es/temas/coronavirus>

Organización Panamericana de la Salud. (2021). *Brote de enfermedad por el Coronavirus*

(COVID-19). <https://www.paho.org/es/temas/coronavirus/brote-enfermedad-por-coronavirus-covid-19>

Parra, N. S. L., Acosta, J. C. V., & others. (2011). *Aplicaciones de mecanobiología computacional*.

Peymani, P., Dehesh, T., Aligolighasemabadi, F., Sadeghdoust, M., Kotfis, K., Ahmadi, M., Mehrbod, P., Iranpour, P., Dastghaib, S., Nasimian, A., Ravandi, A., Kidane, B., Ahmed, N., Sharma, P., Shojaei, S., Bagheri Lankarani, K., Madej, A., Rezaei, N., Madrakian, T., ... Ghavami, S. (2021). Statins in patients with COVID-19: a retrospective cohort study in Iranian COVID-19 patients. *Translational Medicine Communications*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s41231-021-00082-5>

Pimentel, M. A. F., Johnson, A. E. W., Charlton, P. H., Birrenkott, D., Watkinson, P. J., Tarassenko, L., & Clifton, D. A. (2017). Toward a Robust Estimation of Respiratory Rate From Pulse Oximeters. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 64(8), 1914–1923. <https://doi.org/10.1109/TBME.2016.2613124>

Reynaldo Carrión, J. (2013). *La estrategia low cost de la marca del distribuidor*.

Rodriguez, F., Gutierrez, S., Reyes, B. A., Rosas, V., Silva Rubio, M. V., Mejia Rodriguez, A., Marcelin Jimenez, R., Hernandez Olvera, F. J., & Sosa Hernandez, O. (2021). IoMT: Rinku's Clinical Kit Applied to Collect Information Related to COVID-19 Through Medical Sensors. *IEEE Latin America Transactions*, 19(6), 1002–1009. <https://doi.org/10.1109/tla.2021.9451246>

- Salud, O. M. de la. (2020). Información básica sobre la COVID-19. En *Coronavirus disease (COVID-19)*.
- Selene Rivera. (2020, marzo 30). *Línea de tiempo del coronavirus dentro del cuerpo, de infección a recuperación o muerte*.
- Shenoy, N., Luchtel, R., & Gulani, P. (2020). Considerations for target oxygen saturation in COVID-19 patients: Are we under-shooting? *BMC Medicine*, *18*(1), 1–6.
<https://doi.org/10.1186/s12916-020-01735-2>
- Sohrabi, M., Amin, R., Maher, A., Bahadorimonfared, A., Janbazi, S., Hannani, K., Kolahi, A., & Zali, A. (2021). *Sociodemographic determinants and clinical risk factors associated with COVID- 19 severity : a cross-sectional analysis of over 200 , 000 patients in Tehran , Iran*. 1–13.
- Tverring, J., Åkesson, A., & Nielsen, N. (2020). Helmet continuous positive airway pressure versus high-flow nasal cannula in COVID-19: a pragmatic randomised clinical trial (COVID HELMET). *Trials*, *21*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13063-020-04863-5>
- Vahedi, E., Ghanei, M., Ghazvini, A., Azadi, H., Izadi, M., Panahi, Y., Fathi, S., Salesi, M., Saadat, S. H., Ghazale, A. H., Rezapour, M., Mozafari, A., Zand, N., Parsaei, M. R., Ranjkesh, M. H., Jafari, R., Movaseghi, F., & Darabi, E. (2020). The clinical value of two combination regimens in the Management of Patients Suffering from Covid-19 pneumonia: a single centered, retrospective, observational study. *DARU, Journal of Pharmaceutical Sciences*, *28*(2), 507–516. <https://doi.org/10.1007/s40199-020-00353-w>
- Vedaei, S. S., Fotovvat, A., Mohebbian, M. R., Rahman, G. M. E., Wahid, K. A., Babyn, P., Marateb, H. R., Mansourian, M., & Sami, R. (2020). COVID-SAFE: An IoT-based

system for automated health monitoring and surveillance in post-pandemic life.

IEEE Access, 8, 188538–188551. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3030194>

WHO. (2020). *Coronavirus*. World Health Organization. https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_1

WHO. (2021). Clinical management Clinical management Living guidance COVID-19. *World Health Organization, January*.