



INGENIERÍA BIOMÉDICA

PROYECTO DE BIODISEÑO 01

APLICATIVO MÓVIL DE REHABILITACIÓN REMOTA
CON DISPOSITIVO DE MONITOREO Y
REHABILITACIÓN PULMONAR DIRIGIDO A
PACIENTES COVID-19 CON SÍNDROME POST-UCI



EQUIPO: RAMPAY TEC

Integrantes:

Lagones Lopez, Marco
Manrique De la Torre Ugarte, Ana Lucia
Uchuya Trocones, Erika Paola
Valdivia Leon, Willy Joel
Zavaleta Romero, Abraham Isaí

1. Introducción
 - 1.1 Problemática (ver si agregar tablas)
 - 1.1.1 contexto
 - 1.1.2 conociendo al paciente
 - 1.1.3 causas
 - 1.1.4 cuantificación de efectos
 - 1.2 Stakeholders
 - 1.3 Análisis del mercado
 - 1.4 Estado del arte
 - 1.5 Def del problema
 - 1.6 Descripción de la propuesta
 - 1.7 Objetivos
 - 1.8 Requerimiento de uso
 - 1.9 Metodología
 - 1.10 Alcance
 - 1.11 Justificación
2. Diseño conceptual:
 - 2.1 tabla de requerimientos
 - 2.2 concepto de solución
 - 2.3 esquema de funciones
 - 2.4 matrices morfológicas
 - 2.5 evaluación de conceptos de solución
 - 2.6 proyectos preliminares
 - 2.7 análisis técnicos económicos de los proyectos preliminares
 - 2.8 análisis de riesgos
 - 2.9 restricciones
 - 2.10 análisis económico
3. Desarrollo de Hardware
 - 3.1 Dispositivo de SV:
 - 3.2 Inspirómetro automatizado:
 - 3.2.1 Diseño e implementación de base en 3D
 - 3.2.2 Prueba de componentes electrónicos (distancia y bluetooth)
 - 3.2.3 Interacción entre componentes electrónicos.
4. Desarrollo de Software
 - 4.1 Mockup (Diseño de la app)
 - 4.2 Implementación de la app:
 - 4.2.1 Fronted:
 - Iniciar sesión
 - Crear cuenta
 - Pantalla principal
 - Ejercicios físicos
 - Ejercicios de respiración
 - Área cognitiva
 - Área psicológica
 - Perfil personal
 - Dashboard
 - 4.2.2 Backend:
 - Creación de Base de datos
 - Almacenamiento de datos
 - Almacenamiento de multimedia
5. Implementación del prototipo.
6. Protocolo de uso
7. Validación del prototipo.
8. Bibliografía
9. Anexos

1.- Introducción

1.1 Problemática

1.1.1 Contexto:

Debido al contexto actual de pandemia por Covid-19 y a las repercusiones que esta enfermedad trae a la salud de los afectados e incluso en algunos casos llevándolos a la unidad de cuidados intensivos (UCI) se ha incrementado el número de personas que padecen del síndrome post cuidados intensivos, esto afecta en los aspectos físicos, cognitivos y psicológicos tanto de la persona como de la familia. La rehabilitación integral ayuda a los pacientes a no deteriorarse tras el alta hospitalaria y evitar así el reingreso [1]. Es por eso que la Organización Mundial de la Salud (OMS) recalcó la importancia de los servicios de rehabilitación especializada a los pacientes con COVID-19 ingresados en UCI. A nivel mundial se está brindando servicios de telemedicina, telerehabilitación y aplicaciones móviles para así reforzar y mejorar los autocuidados. También se han elaborado guías de rehabilitación, como la guía china, que sirven como modelos a nivel mundial para los especialistas [2][3]

A nivel nacional se está recomendando la aplicación de telemedicina y telerehabilitación para la atención de pacientes post alta. Además se debe priorizar a los pacientes con alto riesgo de discapacidad o deterioro funcional y valorar el riesgo/beneficio de realizar consultas médicas presenciales.[4]

1.1.2 Conociendo al paciente:

Según estimaciones e inferencias (de las estadísticas de la sala situacional covid19 del MINSA [5]) a inicios del mes de septiembre (2020) aproximadamente 9 725 pacientes peruanos han superado el Covid-19 tras su estancia en UCI desde que se inició la pandemia en el país [6][7][8]. De estos pacientes el 89.2% superan los 50 años, con respecto al nivel económico de los afectados poco más de la mitad (56.8%) pertenece al nivel bajo, 40.1% pertenece a nivel medio y tan solo el 2.7% al nivel alto económicamente [5]. Es así que podemos inferir que más de la mitad de los pacientes no podrán acceder a rehabilitación privada y tendrán que recurrir a la proporcionada por el estado.

Según inferencias estadísticas (del informe técnico: Situación del adulto mayor, ene-feb-mar 2019, considerado que estas estadísticas son las mismas para el contexto actual covid-19.) y tomando en cuenta que gran porcentaje de pacientes post uci son adultos mayores sale a relucir el problema de no tener apoyo familiar adecuado durante su rehabilitación ya que según el tipo/composición del hogar donde el adulto mayor es el jefe(a) del hogar el 46.6% de los afectados vive solo con el cónyuge, vive en un hogar pero sin parentesco con los residentes o vive solo. (Ver tabla 01 en anexo 01) [9] [10][11][12][13]

Se debe tener en cuenta que una persona que necesita rehabilitación tendrá dificultades para poder desplazarse libremente ya que según los artículos promulgados en Perú en algunos lugares del país aún se está en cuarentena focalizada y hay limitación al ejercicio del derecho a la libertad de tránsito de las personas. [14]

La situación psicológica familiar luego de tener una experiencia en UCI de alguno de los miembros de la familia es realmente delicada, ya que si no se brinda un adecuado tratamiento los miembros de la familia tienen un alto de riesgo de padecer trastornos psicológicos. [15][14]

La Organización Panamericana de la Salud informó que, a siete meses de los primeros contagios en el mundo, se puede afirmar que las principales secuelas que deja el virus son una inflamación intensa en el tracto respiratorio. Además, se presentan afecciones en el sistema cardiovascular y el nervioso; y daños psicológicos y psiquiátricos.[17]

1.1.3 Análisis de las causas

Al evaluar las posibles causas del “Alto porcentaje de pacientes Covid-19 con síndrome post UCI que presentan limitado acceso a una rehabilitación segura y eficiente”, se determinó 4 principales causas que contribuyen a que este problema se agrave.

Causa 01: Pérdida de acceso a servicios de rehabilitación convencionales

Causa 02: Deficientes servicios de salud pública

Causa 03: Limitado acceso a servicios de comunicaciones – Internet

Causa 04: Deficiencias tecnológicas en salud pública

Al realizar una valoración grupal de relevancia de cada causa, consideramos que la de mayor relevancia es la causa 02, adicionalmente la causa 01 y la 04 son equivalentes en relevancia. Tomando en cuenta las características que tenemos como grupo y nuestras limitaciones temporales; además de las facilidades que nos pueden brindar nuestros asesores desde sus respectivas ramas, creemos conveniente dirigir nuestro enfoque hacia la causa 04. (Ver gráfica 01 en anexo 01)

Para una mejor comprensión de la relevancia dada a esta causa y las oportunidades que se tendrá como grupo al afrontarla, se explicará en forma detallada la causa 04.

- Causa 04: Deficiencias tecnológicas en salud pública

El gobierno peruano parece estar alertado de la necesidad de implementar telemedicina desde hace más de 10 años. Y por ello, se estableció un marco normativo y organismos de gestión pública especializada para el desarrollo de esta nueva disciplina. Sin embargo, la realidad acaba confirmando que muy poco se ha avanzado en más de una década. [18]

Solo es necesario ver el caso del sistema de salud en Iquitos donde la falta de una plataforma donde se realice una eficiente entrada de datos en el hospital ocasionó una demora en el recuento de infectados por COVID-19 [19], lo cual ocasiona evidentemente una seria dificultad para poder seguir un monitoreo a pacientes que hayan superado la enfermedad y necesitan de una rehabilitación.

Por lo tanto, se puede concluir que las deficientes implementaciones de telemedicina en Perú han ocasionado que el sistema de salud peruano haya colapsado (aún antes de la pandemia), lo cual generó una situación crítica para pacientes que quieren realizar una rehabilitación ya que los hospitales al estar saturados de pacientes no son capaces de brindar una adecuada terapia.

Uno de los factores que contribuye a esta causa son las “Escasas herramientas tecnológicas para telerehabilitación”, esto es notorio ya que en Perú solo se encontró evidencia de telerehabilitación en el EsSalud La Libertad donde por medio de llamadas telefónicas y videollamadas los asegurados reciben sus terapias y son atendidos desde la comodidad de sus hogares [20]. Fuera de ello, no se encontró evidencia de un programa de telerehabilitación impuesto por algún centro médico.

Al ver la falta de implementación de telerehabilitación en Perú se puede concluir que se pierde una gran oportunidad de brindar una adecuada rehabilitación a personas que no pueden asistir presencialmente al hospital.

1.1.4 Cuantificación del efecto:

Se logró cuantificar (dato estimado) que hasta el mes de septiembre 2020 de las 9725 personas dadas de alta el 50% (4 863 personas) sufrirá del síndrome post cuidados intensivos [21]. Gran parte de los afectados pertenecen al nivel económico bajo, es así que se asumirá que el monto salarial mensual perdido será el de 930 soles (la remuneración mínima vital) [22]. Del 20% de la población estudiada al menos 1 familiar perderá su empleo aproximadamente por un periodo de 12 meses ya que el paciente requerirá cuidados especiales y demandará tiempo del familiar a cargo [23]. En aclaración en algunos puntos importantes, las estadísticas usadas para estos cálculos [23] son sobre pacientes post-UCI, más no sobre pacientes covid-19; las estadísticas no son peruanas, pero consideramos que pueden ser útiles para esta cuantificación. Con estos datos se calcula la pérdida económica general por desempleo familiar.

$$4\ 863(P) * 0.2(\% \text{ desempleo}) * 12(\text{meses}) * 930(\text{RMV}) = 10\ 854\ 216 \text{ soles}$$

Con respecto a la pérdida económica general del paciente se ha considerado que la pérdida de empleabilidad para el paciente debe estar relacionado a la población económicamente activa (PEA) ocupada, dado que no podemos considerar que todos los pacientes salidos de UCI han estado trabajando hasta antes de su ingreso al hospital.

Tabla 1 :Relación inferida entre Pea ocupada(PEAo) y pacientes post-UCI covid 19 según rango de edades

Rango de edades (años)	Porcentaje pacientes covid-19 con síndrome post-UCI	Porcentaje PEAo	PEAo post-UCI covid-19 **
14-24	-	16.9 %	-
25-44	10.8%	48.1%	253
45-64	18%	28.8%	252
+65	53%	6.2%	160
TOTAL			665 (Q)

Fuente: Elaboración del grupo [24][25]

*Asumimos que los porcentajes de PEAo del 2018 son los mismos hasta el inicio de la pandemia en Perú (2020). **(4 863 pacientes*%post-UCI*%PEAo)

Con estos datos e inferencia se tomará en consideración que el 30% [26] de nuestra población de pacientes (Q) no tendrá empleo hasta un año después de su ingreso en UCI. Con estos datos se calcula la pérdida económica por desempleo del paciente.

$$665(Q) * 0.3(\% \text{ desempleo}) * 12(\text{meses}) * 930(\text{RMV}) = 2\ 226\ 420 \text{ soles}$$

Podemos concluir que el impacto económico general tanto en el paciente como en la familia suma:

$$2\ 226\ 420 \text{ soles} + 10\ 854\ 216 \text{ soles} = 13\ 080\ 636 \text{ soles}$$

1.2 Stakeholders

Entre los grupos de interesados hemos resaltado 3 . El primer grupo es el de los pacientes post UCI, en el que la data obtenida ha sido de las referencias del punto de 'conociendo al paciente' . El segundo grupo de interesados son los familiares del paciente que pasó por UCI lo cual incluye principalmente a la familia que reside con el paciente , al igual que el grupo anterior, la data ha sido obtenida de las referencias de 'conociendo al paciente'. Por último el tercer grupo es el personal de salud que trabaja directamente en la rehabilitación post-UCI cuya información ha sido recopilada en base a reuniones e información brindada por los miembros de los equipos especialistas en pacientes post UCI.

Tabla 2: Stakeholders

Pacientes Post UCI	Familiares del paciente	Personal de rehabilitación
Sexo: 70% masculino	Empleabilidad: 50% con pérdida de empleo, reducción de salarios o cambio de horarios	Disciplinas del equipo: Médico rehabilitador, fisioterapeuta, psicólogo, enfermeros
Rango de edad: +80% Mayor de 50 años	Requerimientos: 26% dedicará 50 horas/semana por 12 meses al cuidado del paciente	Situación laboral: Incremento de horas laborales, guardias de (24hrs). Sobre carga de atención (1 médico rehabilitador/+6 camas UCI; 1 fisioterapeuta/+15 camas UCI)
Procedencia: 43% Lima metropolitana	Vulnerabilidades: Pérdida de calidad de vida por limitaciones económicas	Limitaciones en los servicios para el personal médico por zonas de riesgo dentro de las instituciones.
Nivel económico: +90% Bajo-Medio	Riesgo de padecer cuadros de ansiedad, depresión y estrés postraumático	Falta de: EPP, equipamiento (ecógrafos, electromiógrafos), personal y material para movilización de pacientes.
Morbilidades preexistentes: 42% Obesidad, diabetes, hipertensión		Vulnerabilidades: Creciente número de personal y familiares enfermos de covid-19. Repercusiones psico-emocionales para el personal y su entorno familiar.
Tiempo promedio en UCI: 2-4 semanas		
Vulnerabilidad para adultos mayores: 46% no tiene apoyo familiar adecuado		
Problemas tras el alta hospitalaria: Empleo: 30% pierde empleo Independencia: 22% necesita asistencia durante los siguientes 12 meses		

Fuente: Elaboración de grupo

1.3 Análisis del mercado

- Descripción del mercado

Nuestro grupo objetivo se enfoca en personas afectadas por el síndrome post-UCI debido a una hospitalización por COVID-19. Hasta el 11/09, del total de 9725 personas que han salido de UCI el 50% presenta síndrome post-UCI, el 87.8% es población adulta, mayores de 50 años (4269) [21]. Por otro lado, sabemos que provienen de distintas regiones del Perú, con un 43.3% de Lima metropolitana, 33.8% de la Costa, 11.7% de la Sierra y 11.1% de la Selva, por lo que nuestro producto y/o servicio estará disponible para todo el Perú.[5]

- Tamaño del mercado

De la información oficial del Ministerio de Salud publicada en la Sala Situacional COVID-19 Perú, solo se muestran datos de la disponibilidad de camas de UCI; por otro lado, se muestra el número de pacientes con Alta Médica, sin embargo, no se muestra información de cuántos han recibido rehabilitación. A nivel mundial, los organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud, la Organización Panamericana de la Salud tampoco proporcionan la información estadística mencionada anteriormente. [27][28][29]

Teniendo en cuenta que el proceso de rehabilitación de un paciente COVID-19 post UCI puede durar entre 12 a 18 meses [30], podemos considerar como tamaño de nuestro mercado al total de pacientes mayores de 50 años que salieron de UCI. A pesar de que las personas que requieren hospitalización han disminuido, el número de pacientes que requieren atención en UCI se mantiene [31]. Por lo que se deduce que el número de usuarios potenciales del servicio/ producto de rehabilitación seguirá creciendo.

- Análisis de la competencia

Entre las instituciones que ofrecen servicios de rehabilitación presencial y remoto se encuentran hospitales como el Hospital Dos de Mayo, Hospital Edgardo Rebagliati Martins y el Instituto Nacional de Rehabilitación, así como los hospitales de EsSalud y clínicas privadas. No se visualizan peligros de entrar al mercado, ya no que no existen productos tecnológicos en rehabilitación que compitan con nuestro producto/servicio.

Se debe ingresar lo más pronto posible, debido a que, hasta el 11/09, existe un universo de 8 538 (89.2% son mayores de 50 años de un total de 9 725 pacientes) potenciales usuarios que podrían requerir nuestro servicio/producto. Además, dada la vulnerabilidad de los pacientes, su rehabilitación debe ser atendida inmediatamente. .

1.4 Estado del arte

- Generales

Salud en un Click :

Es una plataforma implementada por el Colegio Médico del Perú (CMP) exclusivamente para médicos que están trabajando en primera línea por Covid-19. En esta plataforma se puede acceder a 3 diferentes programas que el CMP ofrece de la mano de las sociedades médicas y especialistas. El Programa de orientación clínica con la participación de la Sociedad peruana de enfermedades infecciosas y tropicales permite dar seguimiento clínico y monitoreo de casos sospechosos o confirmados de Covid-19 a través de esta plataforma y una app móvil "CMP te cuida" la que integra datos a la plataforma y también en la que se puede reportar síntomas. El Programa de apoyo emocional con la participación de la Asociación psiquiátrica peruana ofrece atención individual en salud mental para prevenir estrés laboral, exacerbación de problemas previos y dar soporte a los que presentan condiciones de riesgo post-covid19. El Programa de reacondicionamiento físico post-covid19 brinda rehabilitación (sesiones de terapia física y respiratoria) para prevenir secuelas, estas se realizan en las instalaciones del centro de convenciones Daniel Alcides Carrión. [32]

Psychological assessment in ICU survivors using DASS-21 scale:

DASS (escala de depresión, ansiedad y estrés) es una de las herramientas de evaluación que se compone de sub escalas de elementos de contenido similar para evaluar el alcance de estos síntomas. Consta de 42 preguntas, 14 para cada uno de los 3 síntomas: depresión, ansiedad y estrés. El DASS puede ser una carga para el paciente debido a las 42 preguntas. Así, una versión abreviada DASS-21 resulta menos problemática ya que es más corta, para tener mayor aceptabilidad por parte de pacientes con limitaciones de concentración sin perder la fiabilidad adecuada. DASS21 está validado y es variable para evaluar la depresión, ansiedad y estrés en los pacientes que han tenido una UCI permanecer.

DASS21 es un cuestionario de 21 ítems diseñado para medir la gravedad de una variedad de síntomas común a la depresión y la ansiedad. La escala tiene puntuaciones de 0 (no se aplica a

mí en absoluto) a 3 (se aplica a mucho). La función esencial de DASS21 es evaluar la gravedad de los síntomas de la depresión.[33]

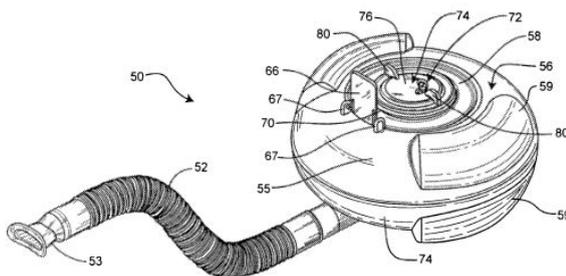
- Patentes

Dispositivo de entrenamiento de la resistencia de los músculos respiratorios y método para su uso. (Oficina Europea de Patentes nº EP2338575B1, 2017)

En la presente patente el dispositivo de entrenamiento de resistencia de los músculos respiratorios incluye una interfaz de paciente para transferir los gases exhalados o inhalados de un paciente y una cámara de volumen fijo en comunicación con la interfaz de paciente, donde la cámara de volumen fijo está dimensionada para retener una porción de los gases exhalados de un paciente. Una cámara de volumen variable en comunicación con la cámara de volumen fijo, donde la cámara de volumen variable está configurada para responder a los gases exhalados o inhalados del paciente para moverse desde una primera posición a una segunda posición. El orificio variable se puede colocar en la cámara de volumen variable y permite que una cantidad deseada de aire exhalado escape durante la exhalación y reciba un suministro de aire para reemplazar el aire exhalado escapado durante la inhalación, ver Figura 3 [34]

Durante el funcionamiento del dispositivo, el usuario inhala y exhala en la cámara. En el transcurso de una pluralidad de ciclos respiratorios, el nivel de CO₂ en la cámara aumenta, aumentando así el trabajo respiratorio y ejercitando los pulmones del usuario. En otras realizaciones, un indicador visual o audible que puede estar ubicado en la carcasa del dispositivo puede proporcionar destellos o pitidos, respectivamente, para inducir al paciente a inhalar o exhalar en cada una de tales indicaciones. En otras realizaciones más, se puede utilizar un indicador visual o audible que está separado del dispositivo para ayudar al paciente a establecer el patrón de respiración deseable. [34]

Figura 1. Es una vista en perspectiva de una realización alternativa del dispositivo de entrenamiento de resistencia de los músculos respiratorios



Fuente: Martin P. Foley, Jerry R. Grychowski [34]

- Sistemas comerciales

Spirolab

Spirolab es un espirómetro portátil desarrollado y distribuido por la compañía Medical International Research (MIR), sus principales características son: [35]

- Pantalla de 7 pulgadas
- Transferencia de datos por USB o Bluetooth
- Impresora incorporada
- Batería recargable

- Animación en tiempo real en la pantalla
- Cumple las recomendaciones de ATS/ERS 2019

Figura 2: Spirolab



Fuente: Medical International Research (MIR).[35]

1.5 Def del problema

Escasas herramientas tecnológicas en el Perú, especializadas en una rehabilitación integral y remota para pacientes Covid-19 mayores de 50 años con síndrome post-UCI

1.6 Descripción de la propuesta

En el presente trabajo de investigación, se plantea una propuesta de solución para abordar de manera integral la problemática anteriormente descrita; es decir, considerando los aspectos psicológico, cognitivo y físico de los pacientes con Síndrome Post UCI COVID19, dando mayor énfasis a la rehabilitación respiratoria con el trabajo de los músculos respiratorios y periféricos.

La propuesta consiste en el diseño de una plataforma virtual y de un dispositivo externo. La plataforma virtual será un medio de ayuda para la rehabilitación del paciente, con la característica de ser intuitiva, a fin de facilitar la interacción del paciente con la plataforma, permitiendo el intercambio de información. La información recibida del paciente será analizada para brindarle una atención personalizada acorde a sus necesidades de rehabilitación. Respecto a la rehabilitación respiratoria, que se encuentra dentro del aspecto físico, se pondrá a disponibilidad del paciente un repositorio audiovisual de ejercicios de rehabilitación para músculos respiratorios y periféricos, clasificados por niveles a los cuales irá accediendo el paciente en base a su progreso, el cual será monitoreado por el dispositivo y evaluado por la plataforma. El dispositivo, fácil de usar y de bajo costo, complementará las rutinas de ejercicios de rehabilitación, a la vez que proporcionará datos del progreso. En lo que se refiere a rehabilitación psicológica y cognitiva, la plataforma dispondrá de cuestionarios para evaluar la calidad de vida del paciente y su familia, además de brindarles información útil y orientación. La plataforma a desarrollar y el dispositivo permitirán la rehabilitación del paciente en casa.

1.7 Objetivos

Diseñar una plataforma interactiva e intuitiva junto con un dispositivo externo que ayuden a la rehabilitación respiratoria del paciente con Síndrome Post UCI COVID19, y que además, evalúe su calidad de vida y brinde información y orientación para su rehabilitación psicológica y cognitiva.

Objetivos específicos:

- Realizar una revisión del estado de la tecnología orientada a la rehabilitación de los pacientes con Síndrome Post UCI COVID19.

- Precisar los contenidos que debemos incorporar a la plataforma para lograr la rehabilitación de los pacientes.
- Desarrollar un nivel de interacción entre el paciente y plataforma, suficiente para analizar el estado inicial del paciente, proponer una rutina adecuada y monitorear su progreso.
- Definir los datos que debe capturar el dispositivo.
- Diseñar un dispositivo que permita la rehabilitación respiratoria como parte de su recuperación física.
- Lograr diseños, de plataforma y dispositivo, de bajo costo.

1.8 Requerimiento de uso

- Manejo de datos personales:

La obtención de datos del paciente mediante plataformas digitales como páginas web o apps móviles permite brindar un mejor servicio que responda a las características de cada persona, también facilita establecer líneas de contacto entre los responsables de la tecnología, los pacientes y los profesionales o instituciones pertinentes. Es necesario garantizar la privacidad y confidencialidad de dicha información personal, por ello en el Perú se promulgó la “Ley de protección de datos personales”, ley N° 29733, en el año 2011, que estipula principalmente lo siguiente [36]:

Se debe garantizar el derecho fundamental de las personas a la protección de su privacidad, el tratamiento de sus datos personales debe ser proporcional y seguro, de acuerdo con las finalidades consentidas por tales personas o habilitadas por ley, previniendo así que tales datos sean objeto de tráfico y/o uso ilícito.

La entidad que recibe los datos debe obtener un consentimiento informado de los titulares de los datos personales.

Se deben aplicar medidas de seguridad que sean idóneas y eficaces como protocolos de seguridad técnica sobre archivos en soportes automatizados y no automatizados, elaboración de políticas de privacidad, manuales organizativos que asignen cuidados y responsabilidades en el tratamiento de los datos personales y compromisos de confidencialidad.

Para el desarrollo de plataformas virtuales, como páginas web y aplicativos móviles, es importante fijar una política de privacidad que sea clara y visible al usuario antes de que este ingrese sus datos personales; tal como se ve en la Fig. 3., la app “Perú en tus manos” (app para Covid-19) presenta dicha validación en la parte inferior de su interfaz de registro.

Figura 3: Política de privacidad

Fuente: Aplicativo Perú en tus manos.[37]

- Dispositivos de medición de capacidades pulmonares:

Para el caso de los espirómetros existen determinadas regulaciones internacionales, cuyo objetivo es presentar estándares y recomendaciones de consenso para fabricantes, médicos, operadores e investigadores con el objetivo de aumentar la exactitud, precisión y calidad de las mediciones espirométricas y mejorar la experiencia del paciente. Las principales son: [38]

ATS/ERS 2005: “General considerations for lung function testing”

ATS/ERS 2019: “Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement”

Por ejemplo, Spirolab sigue la normativa actualizada, ATS/ERS del año 2019

1.9 Metodología

Para el diseño de la plataforma y dispositivo externo, se seguirá la siguiente metodología de trabajo:

Se realizará una revisión del estado del arte de herramientas tecnológicas orientadas a la rehabilitación de pacientes con Síndrome Post UCI, de manera integral y también específica en cada aspecto (físico, psicológico, cognitivo). Luego, se analizará las características de cada estado del arte, y se procederá a elaborar la lista de requerimientos que debe tener nuestra propuesta de solución. A continuación, analizaremos las diferentes alternativas de elementos constitutivos de la propuesta. Esto nos permitirá identificar potenciales diseños a evaluar.

Por último, realizaremos una valoración grupal de cada una de las alternativas a fin de seleccionar la propuesta más adecuada técnica y económicamente.

1.10 Alcance

En el presente trabajo de investigación se pretende llegar a la realización de un prototipo de baja fidelidad de la propuesta de solución óptima. Ello implica realizar un prototipo que sea capaz de explorar y probar conceptos de alto nivel que hayamos definido en nuestra propuesta de solución. Se tiene como objetivo realizar un prototipo de baja fidelidad en lugar de uno de alta fidelidad ya que este último requiere de una comprobación de tareas más específicas lo cual restringe en cierto modo su fabricación ya que requiere de muchos aspectos técnicos de la propuesta. Además, la fabricación que se realiza del producto de baja fidelidad resulta ser más rápida y sencilla lo cual permite tener una mayor cantidad de prototipos fabricados para el testeo correspondiente. Sin embargo, al realizar un prototipo de baja fidelidad se impide realizar la comprobación de detalles más específicos del producto en el contexto del usuario.

1.11 Justificación

La realización de una solución tecnológica que apoye de manera virtual en el proceso de rehabilitación se justifica ya que, considerando la condición de salud de los pacientes post UCI COVID19, estos tendrían dificultades al acudir a terapia de rehabilitación en algún establecimiento de salud. De igual manera, se pone en riesgo de contagio al personal de asistencia en rehabilitación.

2.- Diseño conceptual:

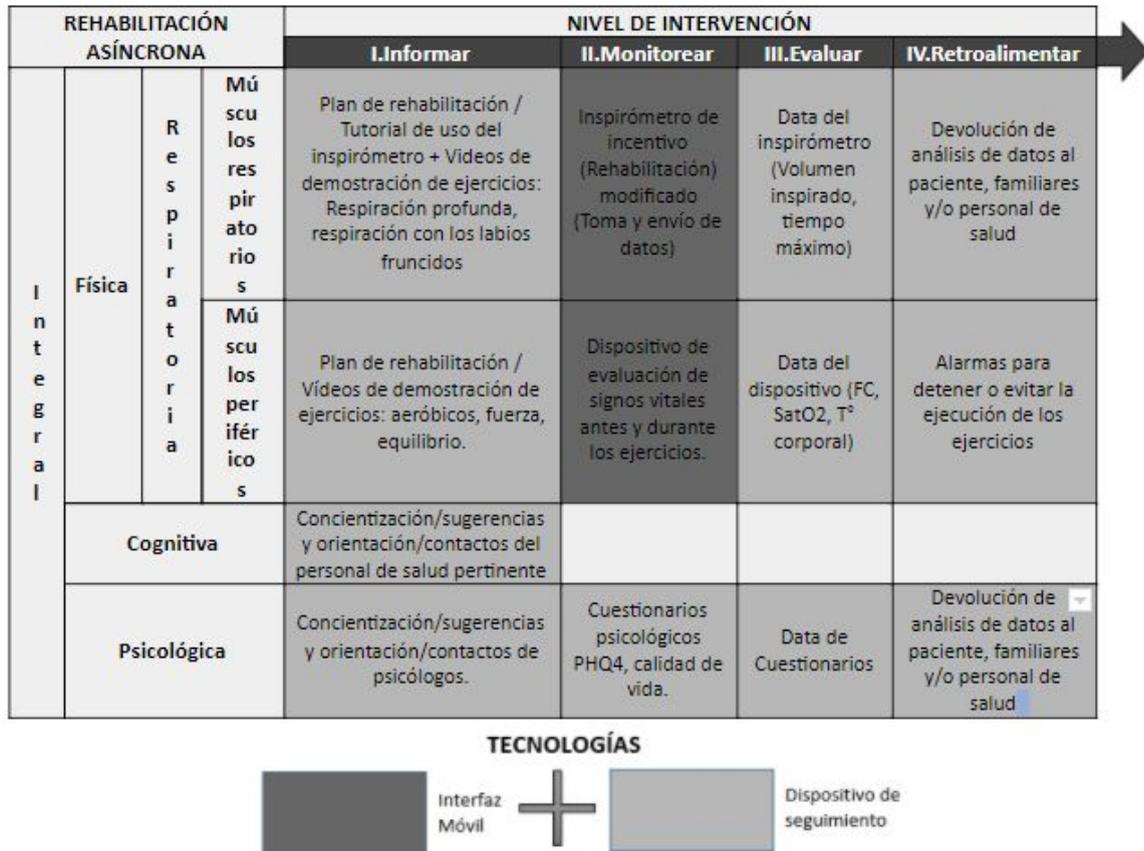
2.1 Tabla de requerimientos

La tabla de requerimientos (ver tabla 02, 03 y 04 en anexo 01) contempla las características obligatorias y deseables que debe considerar nuestra propuesta de solución.

2.2 Concepto de solución

Consiste en el diseño de una plataforma virtual (app móvil), interconectada con dos dispositivos de monitoreo, el primero es un dispositivo externo (inspirómetro de incentivo) enfocado en la rehabilitación de los músculos respiratorios, el segundo es un dispositivo de medición de signos vitales del paciente durante la ejecución de los ejercicios de rehabilitación. Se pretende abordar de manera integral (considerando los aspectos psicológico, cognitivo y físico) a los pacientes con Síndrome Post UCI COVID19, dando mayor énfasis al área respiratoria.

Figura 4: Concepto de solución

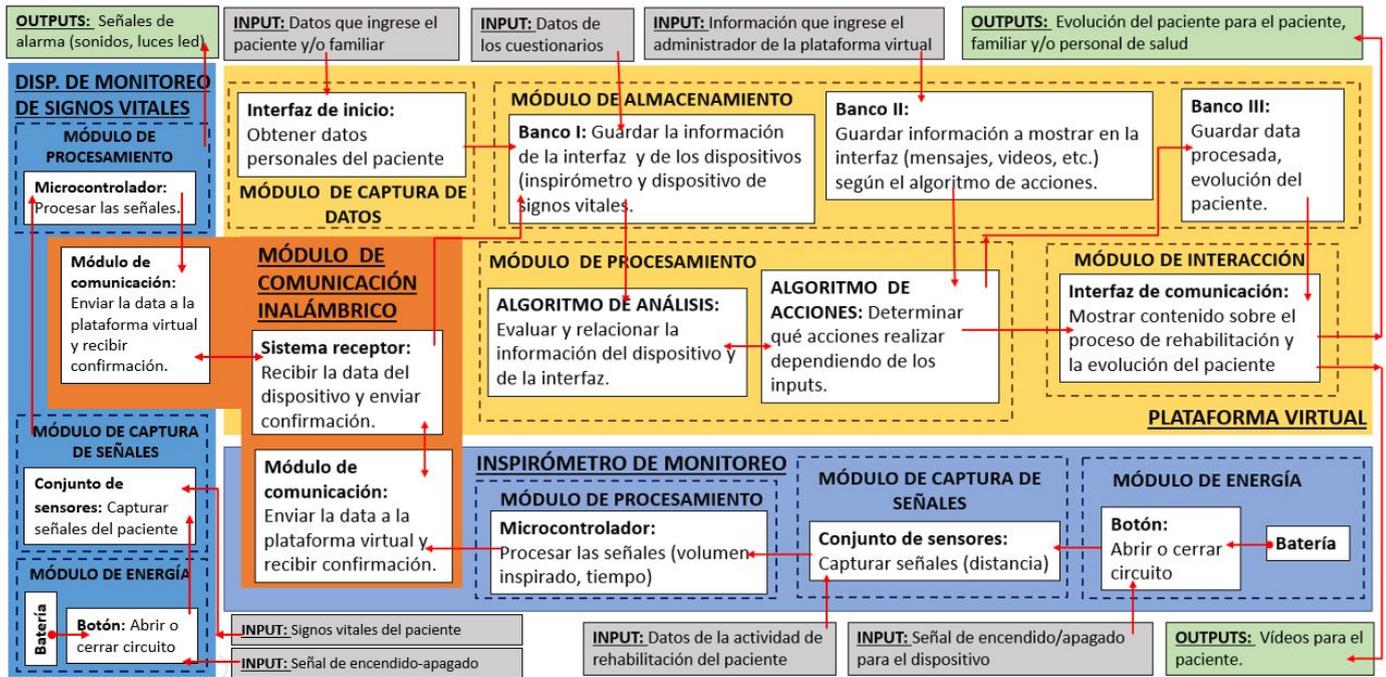


Fuente: Elaboración grupal

2.3 Esquema de funciones

Nuestro esquema consta de una plataforma virtual (bloque amarillo) interconectada con dos dispositivos de monitoreo (bloques azul y celeste) a través de un módulo de comunicación inalámbrico (bloque naranja); este módulo inalámbrico permite el envío de los datos recopilados en los dispositivos para ser almacenados y procesados en la plataforma virtual. Uno de los módulos más importantes en el esquema es el módulo de procesamiento, ya que este es el que organiza y ordena la ejecución de los distintos eventos en la rehabilitación del paciente.

Figura 5: Esquema de funciones



Fuente: Elaboración grupal

2.4 Matrices morfológicas

- Matriz Morfológica del Inspirómetro modificado: (ver gráfico 02 en anexo 01)

concepto de solución 1: La plataforma consiste en una interfaz web, desarrollador Wix y sistema de almacenamiento MariaDB. El dispositivo de monitoreo consiste en un cable de alimentación como energía, switch, sensor de distancia de ultrasonido, arduino Uno y módulo bluetooth.

concepto de solución 2: La plataforma consiste en una interfaz móvil, desarrollador Thinkable y sistema de almacenamiento MongoDB. El dispositivo de monitoreo consiste en una batería de litio como energía, switch, sensor de distancia VL6180X, arduino nano y módulo bluetooth.

concepto de solución 3: La plataforma consiste en una interfaz móvil, desarrollador Android Studio y sistema de almacenamiento MySQL. El dispositivo de monitoreo consiste en una batería 9V recargable como energía, botón switch, sensor de distancia infrarrojo, arduino pro mini y cable usb de comunicación.
- Matriz morfológica del dispositivo de monitoreo de signos vitales: (ver gráfico 03 en anexo 01)

concepto de solución 1: Consiste en una batería de litio como energía, botón switch, sensor MAX30102, sensor de temperatura LM35, arduino pro mini, módulo bluetooth, led RGB y un buzzer.

concepto de solución 2: Consiste en una batería 9V recargable, switch, sensor MAX30100, sensor de temperatura LM35, arduino nano, cable usb de comunicación, led RGB y miniparlante.

concepto de solución 3: Consiste en una batería de litio como energía, switch deslizante, sensor MAX30101, sensor de temperatura MLX90614, arduino nano, módulo bluetooth, led RGB, un buzzer, OLED display.

2.5 Evaluación de conceptos de solución

- Tabla de evaluación del inspirómetro modificado: (ver tabla 05 en anexo 01)
- Tabla de evaluación del dispositivo de monitoreo de signos vitales: (ver tabla 06 en anexo 01)

2.6 Proyectos preliminares

- Proyecto preliminar 1 (Figura 6):

Este proyecto preliminar consta de un inspirómetro de volumen comercial modificado para la automatización de datos. Medirá el volumen máximo inspirado y el tiempo máximo de sostenimiento a través de un sensor de distancia laser (SDL) acoplado en la parte superior del inspirómetro, todos los demás componentes y sus circuitos estarán ordenados en un PCB fijado en la parte posterior del inspirómetro a través de una estructura impresa en 3D

Figura 6

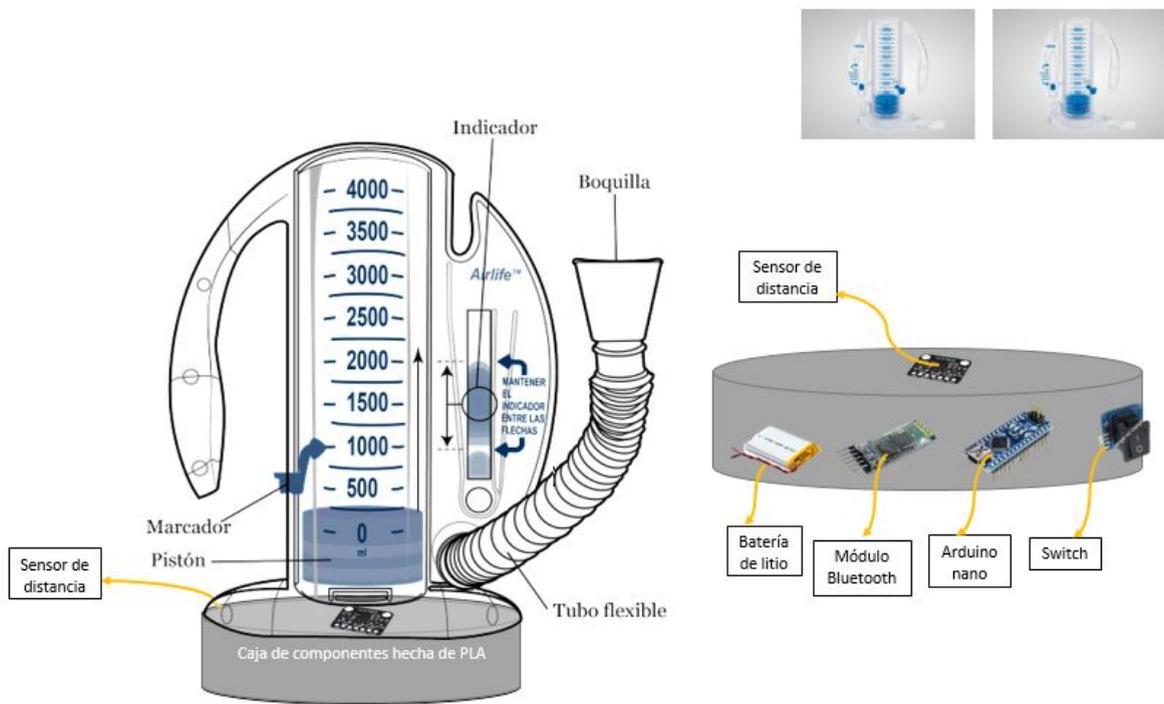


Fuente: Elaboración grupal

- Proyecto preliminar 2 (Figura 7):

El segundo proyecto preliminar propone automatizar la medición del volumen inspirado, haciendo uso del sensor de distancia VL6180X, ubicando este sensor en la parte inferior del inspirómetro para reducir la cantidad de PLA usado para la impresión 3D y facilitar las conexiones con el resto de componentes, estos componentes se ubican dentro de una caja de componentes hecha en impresión 3D con filamento de PLA.

Figura 7

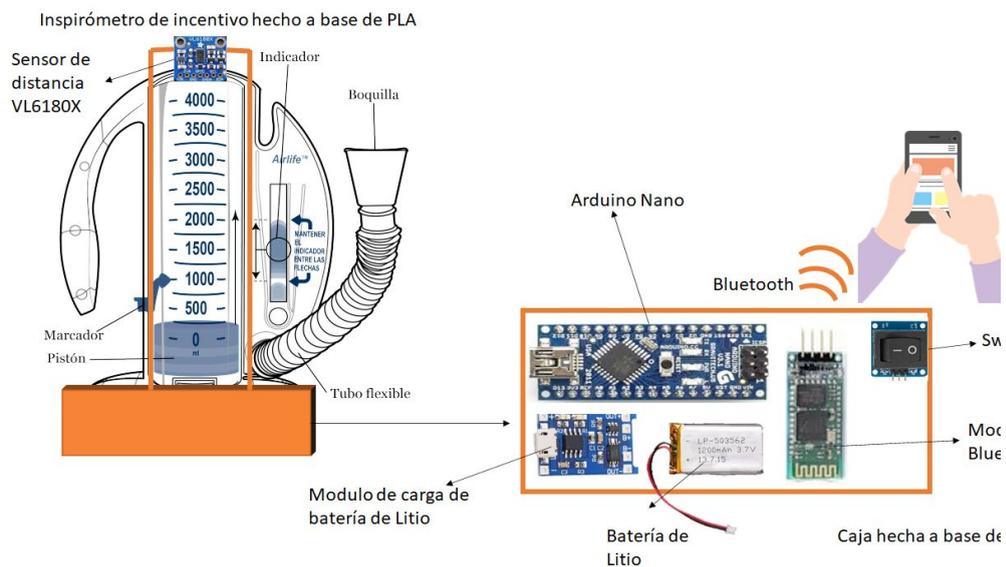


Fuente: Elaboración grupal

- Proyecto preliminar 3 (Figura 8):

El tercer proyecto preliminar propone realizar un inspirómetro hecho en impresión 3D con filamento de PLA con el objetivo de tener más control sobre las posibles ubicaciones de los componentes y también tener la seguridad de que no exista una posible fuga de aire. En la parte superior del inspirómetro va ubicado el sensor de distancia VL6180X y a través de cables va conectado a los componentes restantes ubicados en la parte inferior del inspirómetro.

Figura 8



Fuente: Elaboración grupal

2.7 Análisis técnicos económicos de los proyectos preliminares

De acuerdo a la metodología de diseño VDI 2225, se realizaron 2 tablas para hacer una evaluación técnica y económica de los 3 proyectos preliminares extraídos del concepto de solución 2 del inspirómetro modificado.

- Evaluación técnica (Xi) VDI 2225: (Ver tabla 07 en anexo 01)
- Evaluación económica (Yi) VDI 2225:(Ver tabla 08 en anexo 01)
- Concepto de solución: El ganador fue el proyecto preliminar 02 (ver figura 7), debido a que el diseño del case para los componentes electrónicos es más sencillo, más ligero, y más eficiente. Es mucho más práctico que el sensor de distancia esté acoplado bajo el inspirómetro y junto con todos los demás componentes; además según la gráfica (Ver gráfica 04 en anexo 01) es el proyecto preliminar que más se acerca al punto óptimo (1,1)

2.8 Análisis de riesgos

Para hacer el análisis de riesgos, se tomó como base la normativa ISO 14971 [39], donde se adaptó dicha normativa para poder encontrar riesgos posibles en nuestro proyecto y evaluarlos con el fin de tener mapeado los posibles problemas que se podrían tener durante el desarrollo del proyecto.

Identificando Riesgos:

De costo:

- El costo final excede el presupuesto acordado. **(1)**
- Impresiones 3D adicionales por algún error de diseño. **(2)**
- Reemplazo de componentes malogrados. **(3)**
- Cambio de materiales de acuerdo a la disponibilidad del mercado. **(4)**

De cronograma:

- El tiempo que demore en obtener el inspirómetro de volumen. **(5)**
- No cumplir con los tiempos límite establecidos en el desarrollo del proyecto **(6)**

De calidad:

- Sensor de distancia enviado con deficiencias de medición. **(7)**
- La base del inspirómetro podría variar las medidas del sensor láser de distancia. **(8)**
- Peso del inspirómetro modificado sea mayor al planteado. **(9)**
- Posibilidad de una fuga de aire en el inspirómetro modificado. **(10)**

Potenciales causas:

Riesgo 1: Reimpresiones, materiales fuera del costo proyectado.

Riesgo 2: Errores de impresión, medidas tomadas con margen de error.

Riesgo 3: Componentes malogrados por mal manejo de los mismos.

Riesgo 4: No encontrar los materiales requeridos en los distribuidores planeados.

Riesgo 5: El inspirómetro planteado no se encuentra en el país.

Riesgo 6: Contratiempos que pueda tener algún miembro del equipo los cuales le lleven a retrasarse en su desarrollo del proyecto.

Riesgo 7: Un error de fabricación del sensor de movimiento,

Riesgo 8: El sensor no puede medir a través de materiales que no sean transparentes.

Riesgo 9: La inclusión de diferentes componentes de hardware de peso considerable.

Riesgo 10: Un accidente que pueda sufrir el inspirómetro ya hecho.

Tabla 3:Cuadro de matriz de impacto de riesgos:

Casi seguro que ocurre	5	9	2	5
------------------------	---	---	---	---

Probabilidad alta	4			4		8
Probabilidad media-alta	3	1				
Probabilidad Media	2		6	3		10
Probabilidad baja	1					7
Verde: riesgo bajo Amarillo: riesgo medio Rojo: riesgo alto		1	2	3	4	5
		IMPACTO				

Fuente: Elaboración grupal

Tabla 4: Registro de riesgos:

RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO	PUNTAJE
Riesgo 1	3	1	3
Riesgo 2	5	4	20
Riesgo 3	2	3	6
Riesgo 4	4	3	12
Riesgo 5	5	5	25
Riesgo 6	2	2	4
Riesgo 7	1	5	5
Riesgo 8	4	5	20
Riesgo 9	5	2	10
Riesgo 10	2	5	10

Fuente: Elaboración grupal

Respuesta ante los riesgos:

Riesgo alto:

- Riesgo 2: Hacer impresiones de baja calidad, utilizar materiales menos costosos para las primeras pruebas.
- Riesgo 5: Tener diferentes alternativas para la entrega del espirómetro.
- Riesgo 8: Buscar otro sensor que pueda medir la distancia correcta.

Riesgo moderado:

- Riesgo 3: Tener repuestos disponibles para cada componente
- Riesgo 4: Hacer una investigación previa del mercado.
- Riesgo 9: Adecuar espesores y densidades para reducir la masa del espirómetro modificado.
- Riesgo 10: Tener un espirómetro de incentivo de repuesto.

Riesgo bajo:

- Riesgo 1: Realizar un presupuesto teniendo en cuenta los posibles aumentos de costo (materiales o fabricación)
- Riesgo 6:
- Riesgo 7: Tener un repuesto del sensor para verificar las mediciones.

2.9 Restricciones

- No puede ser usado por debajo del agua.
- No puede ser usado en ambientes con demasiada cantidad de humo.
- No puede ser usado por más de una persona a la vez en el tratamiento global de la rehabilitación.
- Su uso está limitado para pacientes que tengan una corta edad sin la supervisión de un adulto mayor.
- Su uso está limitado para pacientes que tengan retraso sin la supervisión de una persona responsable a lado.
- Su uso está limitado en pacientes incapaces de respirar profundamente de manera efectiva debido a dolor, disfunción diafragmática o analgesia con opiáceos.
- Su uso está limitado en pacientes que estén sedados.
- Su uso está limitado en pacientes que estén en un estado delirante.
- Su uso está limitado por la frecuencia de uso ya que podría ocasionar mareos.

2.10 Análisis económico

Las 2 siguientes tablas hacen un aproximado del costo que demandará hacer tanto el inspirómetro modificado como el dispositivo de monitoreo de signos vitales.

Tabla 5: Costo en soles del inspirómetro modificado:

COMPONENTES	CANTIDAD	COSTO UNIDAD	POR	COSTO TOTAL
Procesador				
Arduino Nano	1	20		20
Sensores				
VL6180x (distancia)	1	52		52
Fabricación				
impresión 3D	1	-		25
impresión PCB	1	-		10
Otros				
Inspirómetro volumétrico Coach2 4L	1	60		60
Batería litio-lipo 3.7v	1	20		20
Switch	1	12		12
Bluetooth	1	20		20
Módulo cargador	1	4		4
cables, estaño	-	-		5
COSTO TOTAL DEL INSPIRÓMETRO DE INCENTIVO MODIFICADO				228

Fuente: Elaboración grupal

Tabla 6: Costo en soles del dispositivo de monitoreo de signos vitales:

COMPONENTES	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
Procesador			
Arduino pro mini	1	16	16
Sensores			
MAX 30102 (pulsioxímetro)	1	15	15
MLX90614 (temperatura)	1	80	80
Fabricación			
impresión 3D	1	-	15
Otros			
Batería litio-lipo 3.7v	1	20	20
Button switch	1	2	2
Bluetooth	1	20	20
Led RGB	1	2	2
Buzzer pasivo	1	5	5
cables, estaño	-	-	5
COSTO TOTAL DEL DISPOSITIVO DE MONITOREO DE SIGNOS VITALES			180

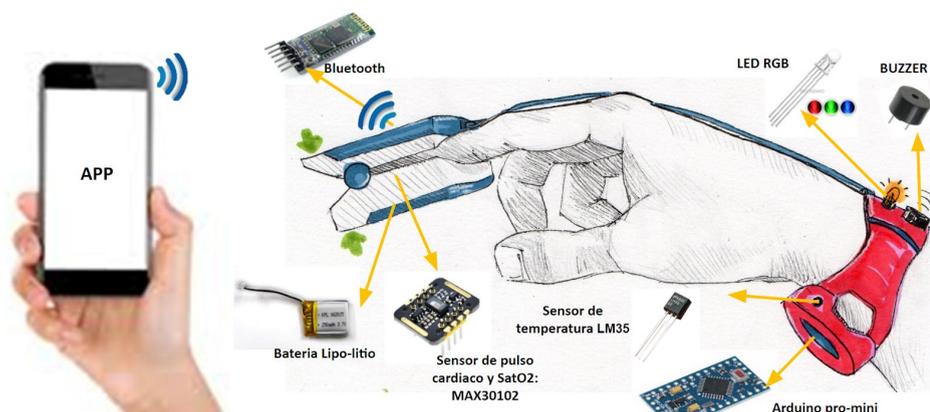
Fuente: Elaboración grupal

3.- Desarrollo de Hardware

3.1 Dispositivo de SV: Monitoriza la frecuencia cardiaca, la saturación de oxígeno y la temperatura corporal del paciente antes y durante los ejercicios de rehabilitación. Emite alarmas (luz y sonido) si los valores no están dentro del rango normal. También envía esta información a la app móvil para ser guardada y revisada por el personal médico de ser necesario. Según el cuadro de valoración (ver Tabla 06 en anexo 01) de los conceptos de solución del dispositivo de signos vitales el concepto de solución 1 (ver Gráfico 03 en anexo 01) resultó como ganador.

- **Diseño:** El sensor de pulso cardiaco y saturación de oxígeno se ubicaría en la zona de la huella digital del dedo índice ya que ahí va a ser posible captar las señales requeridas . El sensor de temperatura LM35 se va a ubicar en la muñeca en la región anterior del carpo ya que es una zona que me permite obtener la temperatura corporal.

Figura 9



Fuente Elaboración grupal

- Modelado en 3D: Este modelado se realizó con el programa Autodesk Inventor 2021. En la Figura 10 se puede observar la ubicación que tendría los componentes que irían en la muñeca. El sensor de temperatura LM35 tendría que estar siempre en contacto con la muñeca. La pulsera no sería completamente impresa en 3D ya que podría generar incomodidades, es por eso que tendrá forma de “C” y el tamaño podrá ser regulado con velcros . El modelo con animación 3D se encuentra en la página web del grupo (Ver gráfico 05 y 06 en anexo 01)

Figura 10: Vista de componentes de la pulsera en la muñeca

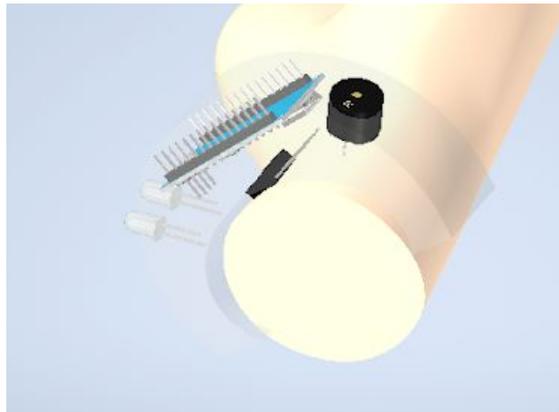
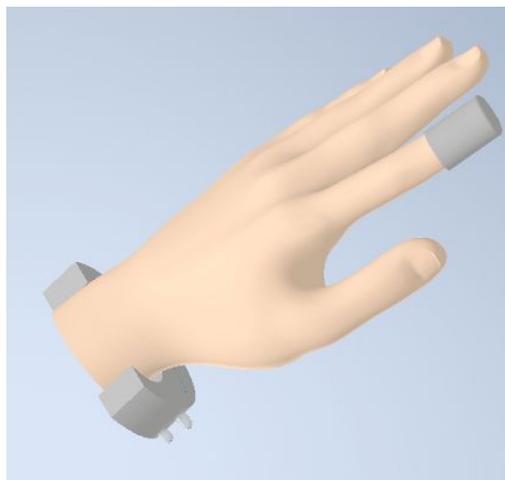


Figura 11: Vista general del dispositivo



Fuente : Elaboración del grupo

3.2 Inspirómetro automatizado:

3.2.1 Diseño de base en 3D: Esta es la base que como se ve en la figura 7 contendrá a los componentes electrónicos. Las medidas de la base del inspirómetro comprado son de 167mmx71mmx17mm. El modelado se realizó con el programa Autodesk Inventor 2021. Po

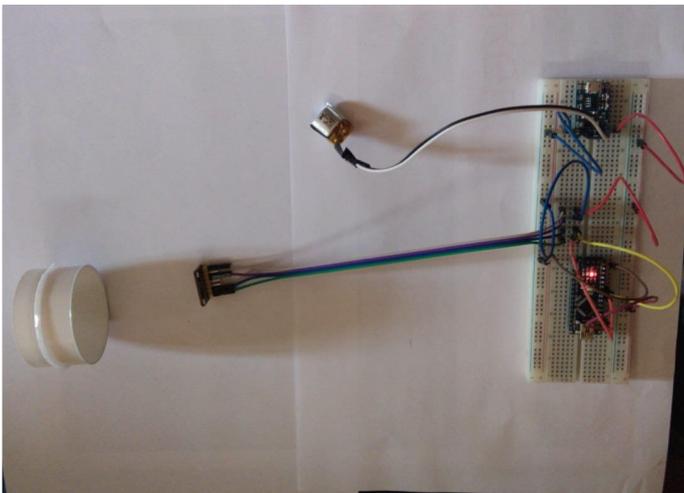
Figura 12



3.2.2 Prueba de componentes electrónicos (distancia y bluetooth)

- Prueba del sensor de distancia: Con el objetivo de validar la correcta toma de muestra de distancia, se realizó la conexión entre los componentes electrónicos adquiridos (Figura 13). Luego de ello, se elaboró un código en Arduino para programar estos componentes electrónicos (Ver gráfico 08 en anexo 01). Con este programa, se logra obtener los valores de luz y distancia en milímetros del sensor láser por el monitor serial del Arduino. A medida que se va moviendo un émbolo delante de este sensor va cambiando el valor de distancia comprobando su correcto funcionamiento. Para tener una mejor visualización del funcionamiento, se puede entrar a la página del grupo en la semana 11 (Prototipado 1) o se puede entrar al siguiente link: <https://youtu.be/OzY36cN22p0>.

Figura 13. Vista de la conexión entre componentes para el funcionamiento del sensor VL6180x



- Prueba del módulo bluetooth: Con el objetivo de validar el funcionamiento correcto del módulo bluetooth, se elaboró un código en Arduino para programar estos componentes electrónicos (Ver gráfico 09 en anexo 01). Con el anterior programa, se logró enviar un dato por medio del módulo bluetooth desde el monitor serial del Arduino hacia el celular, en donde el dato enviado es mostrado en la pantalla comprobando así su correcto funcionamiento. Para tener una mejor visualización del funcionamiento, se puede entrar a la página

del grupo en la semana 12 (Prototipado 2) o se puede entrar al siguiente link <https://youtu.be/RKyUzINoorY>

3.2.3 Interacción entre componentes electrónicos.

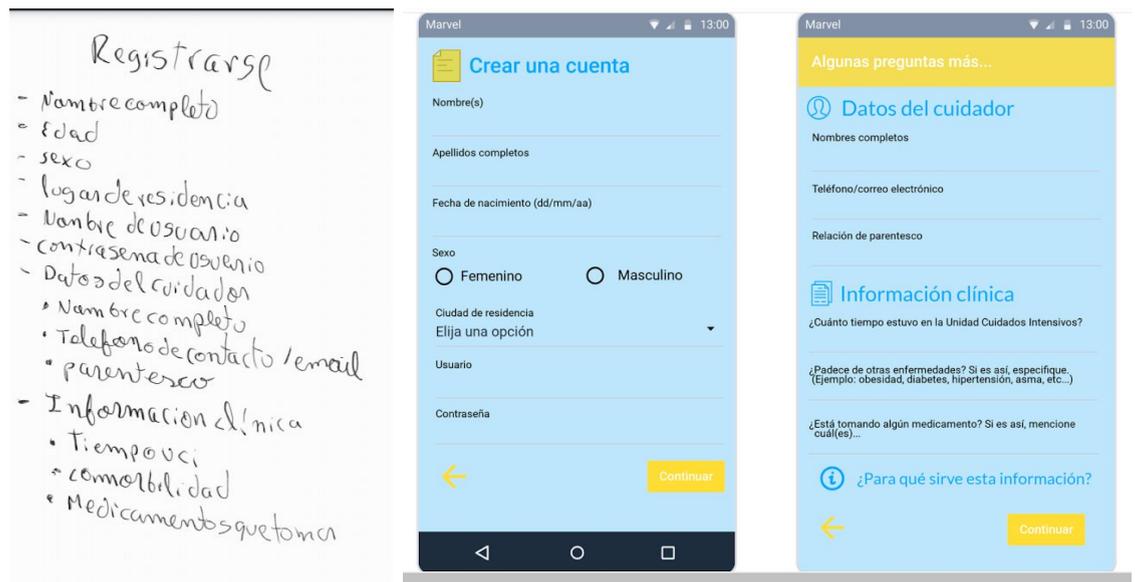
Este es el código completo final del funcionamiento del hardware del inspirómetro modificado que incluye comentarios. Contiene las indicaciones para el sensor de distancia, el bluetooth, y accesorios relacionados (pulsador y led rojo y azul). (Ver gráfico 10 en anexo 01).

4.- Desarrollo de Software

4.1 Mockup (Diseño de la app):

Al iniciar el proceso de la app comenzamos haciendo bocetos a mano de cuál sería la forma más conveniente de diseñar e implementar los requerimientos necesarios. Luego digitalizamos los diseños hechos mano con la plataforma de mockups Marvel app y añadimos recomendaciones del paper "Design and evaluation of a mobile user interface for older adults: navigation, interaction and visual design recommendations" [40] como : evitar textos escondidos, no colocar botones cerca de la parte inferior, lenguaje fácil de entender, etc. Bocetos hechos a mano ver Gráfico 07 en anexo 01. Acceder al flujo del mockup en Marvel app con el link: <https://marvelapp.com/prototype/95j056b>.

Figura 14: Área de registro. Boceto a mano (izq.) Marvel app (der.)



4.2 Implementación de la app:

4.2.1 Fronted:

- Iniciar sesión: En esta pantalla el paciente podrá crear una cuenta nueva o ingresar a una ya existente. Como detalles parte de una aplicación típica, se logró ocultar la contraseña, además, emitir una advertencia en caso ingrese una contraseña incorrecta y la opción de cambiar contraseña. (Ver gráfico 11 en anexo 01)

- Crear cuenta: El proceso para crear cuenta consiste en ingresar un correo electrónico y una contraseña. Posteriormente, le saldrá un mensaje que confirma la creación de una cuenta. Luego tiene que volver a ingresar, y completar todos los datos personales solicitados, además de información clínica y datos del cuidador, lo cual servirá para tenerlo en consideración. (Ver gráfico 12 en anexo 01)
- Pantalla principal: El diseño de esta pantalla está pensado para que el paciente pueda tener una imagen completa de la organización de la aplicación en una sola pantalla, para que le sea más fácil orientarse. Añadimos un detalle de incluir el nombre del paciente en el mensaje de bienvenida para darle un toque personalizado a la aplicación. (ver gráfico 13 en anexo 01)
- Pantalla de ejercicios físicos: Esta es una pantalla demostrativa de uno de los ejercicios incluidos en la rutina física del paciente. Esta pantalla cuenta con un botón “Terminar”, el cual servirá como un botón de salida en caso el paciente se sienta muy cansado durante la realización de los ejercicios. Antes de iniciar una rutina de ejercicios físicos, se le brinda al paciente una serie de recomendaciones para un óptimo desempeño. Antes y después de cada ejercicio, el paciente completa una escala de Borg. Las rutinas de ejercicios físicos se dividen en 3 niveles de dificultad. Todo paciente nuevo inicia en el nivel 1. Para pasar de nivel, el paciente deberá ser evaluado por su fisioterapeuta. El fisioterapeuta recibirá los resultados de su escala de Borg, y en caso se haya logrado un progreso significativo en el nivel 1, le brindará al paciente una contraseña que tendrá que ingresar en la pantalla de selección de nivel para acceder a los ejercicios de nivel 2 (Ver gráfico 14 en anexo 01)
- Pantalla de ejercicios de respiración: Esta es una pantalla demostrativa de uno de los ejercicios incluidos en la rutina de ejercicios de respiración del paciente. Esta pantalla también cuenta con un botón “Terminar”, el cual servirá como un botón de salida en caso el paciente se sienta muy cansado durante la realización de los ejercicios. Antes de iniciar una rutina de ejercicios de respiración, se le brinda al paciente una serie de recomendaciones para un óptimo desempeño. Antes y después de cada ejercicio, el paciente completa una escala de Borg. (Ver gráfico 15 en anexo 01)
- Área cognitiva: En este área se mostrará información actualizada que pueda interesar a los pacientes como artículos o noticias a cerca de rehabilitación cognitiva
- Área psicológica: La pantalla del área psicológica consta de dos secciones, una donde se muestra al paciente información relevante sobre rehabilitación psicológica, y otra sección donde se le presenta dos cuestionarios psicológicos. Estos últimos serán completados por el paciente, para llevar un seguimiento del estado psicológico del paciente, y cuyos resultados serán enviados al psicólogo que lo atiende. (Ver gráfico 16 en anexo 01)
- Perfil personal: En esta pantalla se muestran los datos del paciente y de su cuidador. Cuenta con 3 botones, que le permitirán actualizar su información personal; también, podrá ver su progreso recopilado por el inspirómetro; y un botón que le permitirá compartir sus resultados a su psicólogo y fisioterapeuta. (Ver gráfico 17 en anexo 01)
- Dashboard: Los datos que se le va a mostrar a los médicos se le enviará por medio de correo. Los pacientes podrán ver por medio de la app (Ver gráfico 18 en anexo 01)

4.2.2 Backend :

- Creación de Base de datos:

Para la creación de base, consideramos 3 opciones finales: Google Sheets, Firebase y Airtable. Los principales requerimientos que consideramos para la elección de la base de datos :

Tabla 7: Requerimientos para la elección de la base de datos

Característica	Airtable	Firebase	Google Sheets
Facilidad de envío de datos a la aplicación	✓	✓	✓
Facilidad de recepción de datos de la aplicación	✓	✓	✓
Facilidad de actualización de datos de la aplicación	✓	✓	✓
Función como repositorio de videos		✓	
Facilidad en la creación de un usuario		✓	
Facilidad en generación de gráficos			✓

De acuerdo a estos criterios consideramos como mejor opción Firebase debido a las facilidades que ofrece como el almacenamiento y la generación de una cuenta mediante Authentication, estas características permiten tratar los datos de forma personalizada con el ID del usuario.

De misma forma empleamos Google Sheets para poder mostrar los resultados de los cuestionarios y los valores recibidos por el inspirómetro al fisioterapeuta o psicólogo. También se hizo uso de Google Sheets para generar gráficos de acuerdo a los datos recibidos, para que estos también sean mostrados al paciente.

La manera en que se realizó la base de datos y se dio a esta diferentes funcionalidades están explicadas de forma detallada en el anexo 02.

5.- Implementación del prototipo.

Para la implementación del inspirómetro modificado, se le colocó la base impresa en 3D por debajo del inspirómetro original. Esto se realizó con el objetivo de que dentro de esta base este el sensor de distancia VL6180X, el módulo bluetooth y los demás componentes necesarios para el funcionamiento correcto como batería, microcontrolador, pulsador, etc. De esta manera se logra tomar el dato a distancia. Y con ello, por medio de cálculos, el dato del volumen inspirado. También, hay dos leds que sobresalen por encima de la base. El primer led (rojo) al encender nos indica que el prototipo está energizado. El segundo led (azul) al encender nos indica que la toma de datos ha comenzado y al apagarse nos indica que la toma de datos terminó.

Figura 15. Implementación final del inspirómetro modificado



6.- Protocolo de uso:

- a. El inicio de la aplicación consta de una pantalla inicial, donde el usuario podrá registrarse o crear una nueva sesión. (Si ya tiene una cuenta se salta hasta el punto 5)
- b. Al crear una cuenta se pedirá una dirección de correo y una contraseña, en el caso de que exista una cuenta con el correo introducido se mostrará un error por cuenta ya creada.
- c. Después de crear la cuenta la aplicación redirige al paciente a la pantalla de introducción de datos personales, después a la de los datos del cuidador y finalmente a los datos de la historia clínica.
- d. Terminado el proceso de registro de datos, se mostrará un video introductorio que servirá de guía al usuario sobre lo que encontrará en la aplicación.
- e. En la página principal cuenta con 6 botones: área cognitiva, área psicológica, ejercicios físicos, ejercicios de respiración e indicaciones diarias.
- f. Para comenzar su rutina el usuario debe ingresar a la sección indicaciones diarias, donde podrá ver las indicaciones que tiene que hacer en el día, entre estas están el área psicológica, ejercicios físicos y ejercicios de respiración.

f.1. En la sección área psicológica, el paciente podrá acceder a noticias respecto a dicha área, como también podrá hacer los cuestionarios SRQ para análisis de algún problema mental, y el Whodas para el análisis de la calidad de vida.

f.2. Sección ejercicios físicos:

f.2.1. En la sección ejercicios de físicos, el paciente tendrá acceso a la pantalla de elección de nivel donde si es una persona está empezando a usar la aplicación solo podrá ingresar al primer nivel de los ejercicios, mientras si tiene una clave podrá acceder a los videos de nivel mayor.

f.2.2. Después el usuario hará un cuestionario de Borg para ver si es apto para iniciar la rutina del día o para negarle el acceso.

f.2.3. La rutina empieza con un video que contiene el ejercicio, antes de comenzar el paciente sincroniza el dispositivo de monitoreo de signos vitales para el análisis del paciente durante el ejercicio.

f.2.4. El paciente al sentirse mal tiene la opción de pulsar el botón terminar rutina, donde le aparecerá un cuestionario de Borg para que pueda llenar qué tan cansado se sintió.

f.2.5. Si el paciente no siente fatiga entonces terminará el ejercicio propuesto y pulsará el botón de continuar, donde le aparecerá nuevamente un cuestionario de Borg para evaluar cómo se sintió durante el ejercicio. El procedimiento de los puntos f.2.1. hasta el punto f.2.5. se repetirá hasta que el paciente termine su rutina.

f.3. En la sección ejercicios de respiración,

f.3.1. Se incluirán un cuestionario de Borg previo al inicio de la rutina, para dejar acceder al paciente a la rutina.

f.3.2. Ingresa a una pantalla donde sincroniza el dispositivo de signos vitales para su evaluación durante el ejercicio.

f.3.3. El paciente realizará el ejercicio pudiendo terminar el ejercicio si se siente mal, o continuar con el ejercicio caso contrario. Ambas opciones lo guiaran a un cuestionario de Borg para que se evalúe el ejercicio y que tan fatigado está el paciente.

f.3.4. El último ejercicio de esta sección cuenta necesita de la sincronización del inspirómetro, para esto se debe ir al apartado A donde se describe el protocolo de uso del mismo.

f.4. En la sección área cognitiva, el paciente podrá ver noticias acerca del tema.

g. En el perfil personal, el paciente puede actualizar sus datos, ver sus resultados y compartir los resultados.

Apartado A: Protocolo de uso del inspirómetro volumétrico Rampay Tec:

1. Siéntese derecho en una silla o al borde de su cama.
2. Sujete el inspirómetro del asa y aplaste el botón de encendido (botón negro), una luz roja se prenderá.
3. Para iniciar su primer intento de inspiración, aplaste el botón transparente en la base del inspirómetro, se encenderá una luz azul.
4. Exhale "completamente".
5. Cierre los labios firmemente alrededor de la boquilla. Tendrá que respirar solo por la boca. Tape su nariz si es necesario.
6. Inhale lentamente y haga que el pistón se eleve lo más alto que pueda. Luego contenga la respiración hasta 5 segundos.
7. Una vez terminado el paso 7, aplaste nuevamente el botón transparente, la luz azul se apagará.
8. Automáticamente su volumen máximo inspirado será enviado a nuestra app móvil.
9. Para iniciar su siguiente intento de inspiración repita los pasos del 2 al 7.
10. Realice una sesión de 10 intentos por día; dejando 2 minutos de descanso entre intento e intento.
11. Al terminar la sesión apague el inspirómetro con el botón negro.

7.- Validación del prototipo.

El detalle completo de la validación del inspirómetro volumétrico se encuentra en el video: “evidencia final” subido en el siguiente link: <https://youtu.be/aZzGnriSgoE>

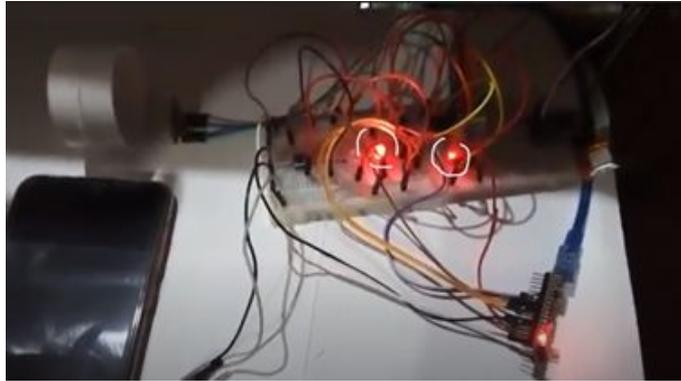
Se emplea un circuito de validación para verificar el correcto funcionamiento de todos los componentes; el circuito final será integrado en una placa de circuito.

- a. Al presionar el botón de encendido/apagado del inspirómetro vemos que se energiza el circuito, se prende por lo tanto el led rojo y el led del bluetooth.

Figura 16

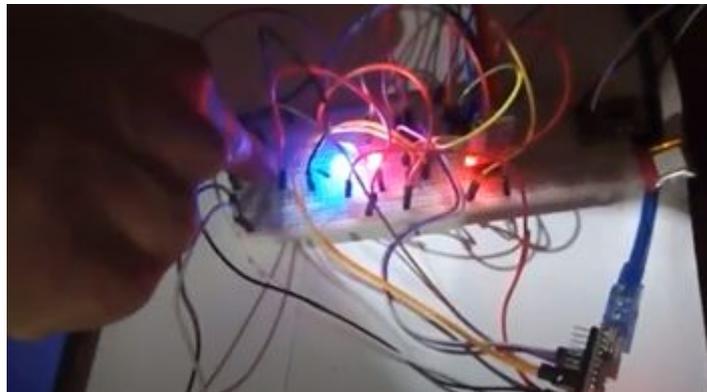


Figura 17



- b. Cuando el paciente desee iniciar su sesión de inspiración, accionará el botón pequeño para prender el led azul, desde ese entonces se tomará la lectura máxima del volumen inspirado, hasta que se presione de nuevo el botón y se apague el led azul.

Figura 18



- c. Finalizado el paso anterior se enviará el dato de volumen máximo inspirado a la app móvil.

8.- Bibliografía:

- [1] D. Marta, "Atención rehabilitadora a personas afectadas por COVID-19 en fase aguda en Unidades de Cuidados Intensivos," pp. 58–67, 2020.
- [2] M. Weschenfelder , P. Buchs and M. Dias Da Silva , "Transición del cuidado al momento del alta de la Unidad de Cuidados Intensivos: una revisión sistemática exploratoria", Rev. Latino-Am, no. 28, 2020.
- [3] E. Sainz and M. Supervía , "Atención rehabilitadora a personas afectadas por COVID-19 en fase aguda en Unidades de Cuidados Intensivos" ,vol. 129, pp. 59-60, junio 2020
- [4]R. De la Cerna, A. Vélez de Villa , D. Luzquiños , M. Montesinos, L. Valdivia and R. Tang, "Protocolos y Recomendaciones de Medicina Física y Rehabilitación para Pacientes con COVID-19" , pp. 36-41 , abril 2020 ,doi:10.6084/m9.figshare.12506546.
- [5] "Covid 19 en el Perú - Ministerio de Salud." https://covid19.minsa.gob.pe/sala_situacional.asp (accessed Sep. 11, 2020).
- [6] "Coronavirus | ¿Qué secuelas presentan los pacientes que superan la enfermedad? - Clínica Ricardo Palma." <https://www.crp.com.pe/noticia/coronavirus-que-secuelas-presentan-los-pacientes-que-superan-la-enfermedad/> (accessed Sep. 11, 2020).
- [7] Fernando Mejía, Carlos Medina, Enrique Cornejo, Enrique Morello , Sergio Vásquez , Jorge Alave , Alvaro Schwalb , Germán Málaga, "Características clínicas y factores asociados a mortalidad en pacientes adultos hospitalizados por COVID-19 en un hospital público de Lima, Perú.",2020.
- [8] "Coronavirus: Fallas en las pruebas moleculares y rápidas de la COVID-19 en Estados Unidos | RPP Noticias." <https://rpp.pe/vital/salud/coronavirus-fallas-en-las-pruebas-moleculares-y-rapidas-de-la-covid-19-en-estados-unidos-noticia-1269298> (accessed Sep. 11, 2020)
- [9] Instituto Nacional de Estadística e Informática, "Situacion de la Poblacion Adulta Mayor: Enero Febrero Marzo 2019," Inei, no. 2, pp. 1–55, 2019, [Online]. Available: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/adultomayorjunio.pdf>.
- [10] "El perfil de los ingresados en UCI y fallecidos: un 67% son hombres y un 74% tenía patologías previas." https://www.eldiario.es/sociedad/sabemos-ingresados-coronavirus-xx-enfermedades_1_1005293.html (accessed Sep. 11, 2020).
- [11] "Síndrome post-UCI, siguiente desafío de atención médica inmediata." <http://www.elhospital.com/temas/Sindrome-post-UCI,-siguiente-desafio-de-atencion-medica-inmediata+135031> (accessed Sep. 11, 2020).
- [12] "Síndrome Post-uci y Covid19." <https://neurologiaclinica.es/sindrome-post-cuidados-intensivos-y-covid-19/> (accessed Sep. 11, 2020).
- [13] J. Griffiths et al., "An exploration of social and economic outcome and associated health-related quality of life after critical illness in general intensive care unit survivors: A 12-month follow-up study," Crit. Care, vol. 17, no. 3, 2013, doi: 10.1186/cc12745
- [14] "Decreto Supremo N° 146-2020-PCM," Diario oficial "El Peruano," Lima, pp. 1–4, 28-Aug-2020

- [15] Wu P et al., “The psychological impact of the SARS epidemic on hospital employees in China: Exposure, risk perception, and altruistic acceptance of risk.,” *Can. J. Psychiatry*, vol. 54, no. 5, pp. 302–311, 2009.
- [16] E. Azoulay et al., “Risk of post-traumatic stress symptoms in family members of intensive care unit patients,” *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 171, no. 9, pp. 987–994, 2005.0.
- [17] “Alerta Epidemiológica: Complicaciones y secuelas por COVID-19 - 12 de agosto de 2020 - OPS/OMS”, *Organización Panamericana de la Salud*, 2020. [Online]. Available: <https://www.paho.org/es/documentos/alerta-epidemiologica-complicaciones-secuelas-por-covid-19-12-agosto-2020>. [Accessed: 02- Oct- 2020].
- [18] C. H. Bautista Altamirano, “La Telesalud En Perú. Diagnóstico Y Propuestas De Mejora,” *Rev. Gob. Y Gestión Pública*, vol. 2, no. 1, pp. 53–73, 2015.
- [19] B. Fraser, “COVID-19 strains remote regions of Peru,” *Lancet*, vol. 395, p. 1684, 2020.
- [20] “EsSalud La Libertad realiza telerehabilitación en beneficio de asegurados de la región - Essalud.” [Online]. Available: <http://noticias.essalud.gob.pe/?inno-noticia=essalud-la-libertad-realiza-telerehabilitacion-en-beneficio-de-asegurados-de-la-region>. [Accessed: 15-Sep-2020].
- [21] A. Munarriz, “Recomendaciones para la atención del terapeuta físico en el ambiente hospitalario y unidad de cuidados intensivos frente al covid-19 2020,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2016, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [22] “Gobierno trabaja para que se concrete aumento de la remuneración mínima vital en marzo | Noticias | Agencia Peruana de Noticias Andina.” <https://andina.pe/agencia/noticia-gobierno-trabaja-para-se-concrete-aumento-de-remuneracion-minima-vital-marzo-780703.aspx> (accessed Sep. 16, 2020).
- [23] J. Griffiths et al., “An exploration of social and economic outcome and associated health-related quality of life after critical illness in general intensive care unit survivors: A 12-month follow-up study,” *Crit. Care*, vol. 17, no. 3, 2013, doi: 10.1186/cc12745.
- [24] “Covid 19 en el Perú - Ministerio de Salud.” https://covid19.minsa.gob.pe/sala_situacional.asp (accessed Sep. 11, 2020).
- [25] “PERU Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI.” <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/ocupacion-y-vivienda/> (accessed Sep. 16, 2020).
- [26] “Síndrome post-UCI, siguiente desafío de atención médica inmediata.” <http://www.elhospital.com/temas/Sindrome-post-UCI,-siguiente-desafio-de-atencion-medica-inmediata+135031> (accessed Sep. 11, 2020).
- [27] Coronavirus - OPS/OMS. Organización Panamericana de la Salud, 2020. [Online]. Available: <https://www.paho.org/es/temas/coronavirus>. [Accessed: 23- Sep- 2020].
- [28] Brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19), OMS, 2020. [Online]. Available: https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019?gclid=CjwKCAjwh7H7BRBBEiwAPXjadIVmKN-IuvA0ptRTso64TXHtURJnKCpo9T1tr-PSrZF1xYotdozQkxoCstIQAvD_BwE. [Accessed: 23- Sep- 2020].
- [29] COVID-19 Information System for the Region of the Americas, PAHO, 2020. [Online]. Available: <https://paho-covid19-response-who.hub.arcgis.com/>. [Accessed: 23- Sep- 2020].

- [30] "¿Cuánto tiempo lleva recuperarse del coronavirus?", BBC News Mundo, 2020. [Online]. Available: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52338314>. [Accessed: 24- Sep- 2020].
- [31] "Sociedad Peruana de Medicina Intensiva: Desde la primera semana de septiembre hay camas UCI disponibles en el sector privado y público", RPP, 2020. [Online]. Available: <https://rpp.pe/peru/actualidad/coronavirus-en-peru-sociedad-peruana-de-medicina-intensiva-desde-la-primera-semana-de-septiembre-hay-camas-uci-disponibles-en-el-sector-privado-y-publico-noticia-1291580?ref=rpp>. [Accessed: 24- Sep- 2020].
- [32] "SALUD A UN CLIC", Colegio Médico del Perú - Consejo Nacional, 2020. [Online]. Available: <https://www.cmp.org.pe/saludaunclit/>. [Accessed: 26- Sep- 2020].
- [33] "Psychological assessment in ICU survivors using DASS-21 scale". (En línea). Disponible en: <http://saspublisher.com/wp-content/uploads/2017/05/SJAMS-54C1374-1379.pdf>
- [34] M. P. Foley and J. R. Grychowski, "Respiratory muscle endurance training device and method for the use thereof," 2017.
- [35] Medical International Research (MIR), "Spirolab". (En línea). Disponible en: <https://www.spirometry.com/prodotti/spirolab/>
- [36] Coronavirus - OPS/OMS. Organización Panamericana de la Salud, 2020. [Online]. Available: <https://www.paho.org/es/temas/coronavirus>. [Accessed: 23- Sep- 2020].
- [37] Brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19), OMS, 2020. [Online]. Available: https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019?gclid=CjwKCAjwh7H7BRBBEiwAPXjadIVmKN-IuvA0ptRTso64TXHtURJnKCpo9T1tr-PSrZF1xYotdozQkxoCstIQAvD_BwE. [Accessed: 23- Sep- 2020].
- [38] COVID-19 Information System for the Region of the Americas, PAHO, 2020. [Online]. Available: <https://paho-covid19-response-who.hub.arcgis.com/>. [Accessed: 23- Sep- 2020].
- [39] Iso.org. 2020. ISO 14971:2019(Es) Dispositivos Médicos/Productos Sanitarios (MD) — Aplicación De La Gestión Del Riesgo A Los MD. [online] Available at: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14971:ed-3:v1:es> [Accessed 5 November 2020].
- [40] A. De Barros, R. Leitão and J. Ribeiro, (2014). "Design and evaluation of a mobile user interface for older adults: navigation, interaction and visual design recommendations", *Procedia Computer Science*, vol. 27, p. 369-378., 2014.

9. Anexos

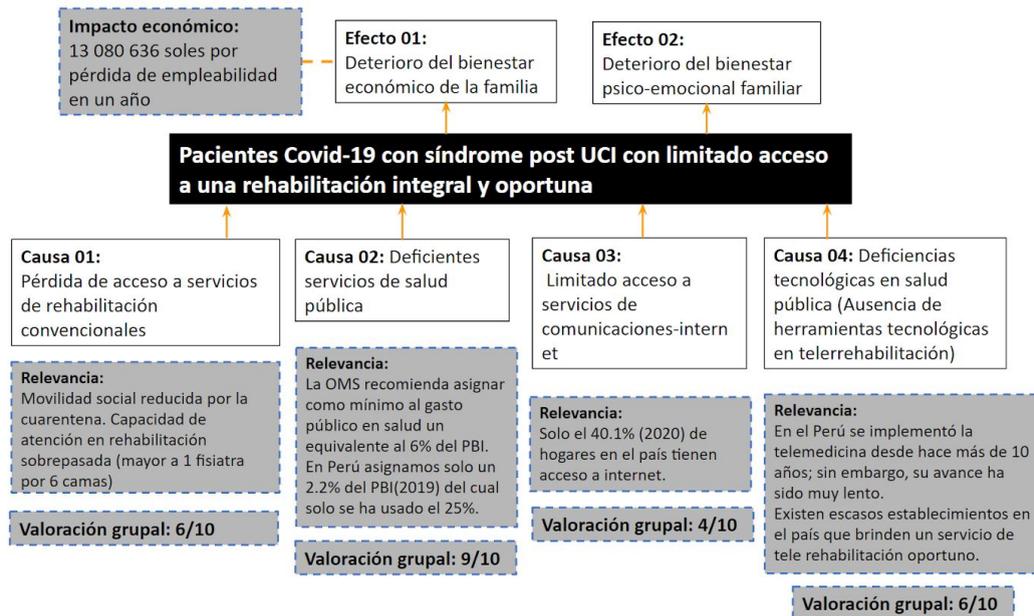
Anexo 01: Gráficos y Tablas

1. TABLA 01: Características del paciente post-UCI-Covid-19 en el Mundo

Sexo.[10] (España)	
Masculino	67%
Femenino	33%
Actividades cotidianas y laborales.[11](EE.UU),[12](España),[12](UK)*	
No puede retornar al trabajo	30% [11]
	33% [10]
Pérdida de independencia en labores cotidianas	25% [10] [11]
Necesidad de asistencia durante los próximos 12 meses	22% [12]
Entorno familiar.[13](UK)*	
Impacto negativo en el empleo	50%
Tiempo de asistencia al paciente hasta los 12 meses. h/s (horas por semana)	19 h/s (37%)
	50h/s (26%)

Fuente: Elaboración del grupo. *Los datos de la referencia [13] solo son concernientes a pacientes post-UCI, más no a pacientes Covid-19.

2. Gráfica 01: Cuadro resumen de causas y efectos



Fuente: Elaboración grupal

3. TABLA 02: REQUERIMIENTOS GLOBALES

REQUERIMIENTOS	OBLIGATORIOS	DESEABLES
----------------	--------------	-----------

GLOBALES	Enfoque de rehabilitación integral (física, psicológica, cognitiva), con niveles de intervención diferentes para cada componente (informar, monitorear, evaluar y retroalimentar).	Enfoque de rehabilitación integral que contemple todos los niveles de intervención para cada uno de los componentes mostrados, sin escatimar en la cantidad de sensores o funciones ofrecidas al usuario.
	Tecnología de rehabilitación capaz de monitorear y evaluar el avance del paciente.	-
	Tecnología remota y autónoma (funcionamiento en base a algoritmos y programación)	Establecer una comunicación oportuna entre el usuario y el personal de salud para una atención especializada.

Fuente: Elaboración del grupo

4.

TABLA 03: REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

REQUERIMIENTOS		OBLIGATORIOS	DESEABLES
F U N C I O N A L E S	Dispositivos	Obtiene datos (mediante sensores) de las actividades de rehabilitación que realiza el paciente.	-
		Envía datos procesados a la plataforma virtual en tiempo real.	-
		Emite señales de encendido y apagado, así como alarmas en el caso del dispositivo de monitoreo de signos vitales.	-
		-	Tiene la capacidad para guardar la información de manera independiente a la plataforma.
	Plataforma virtual	Recibe los datos personales del paciente y de una persona a cargo de su cuidado en el hogar(en caso de tenerla), también data proveniente de los dispositivos.	Recibe información sobre antecedentes clínicos (comorbilidades, estancia en UCI, medicamentos, etc.) del paciente para una atención más especializada.
		Guardar la información recibida de los dispositivos de monitoreo, cuestionarios al paciente. Guardar la data procesada (estadísticas, gráficas, etc.), Guardar el contenido audiovisual para la rehabilitación.	Guardar la información en la base de datos de la plataforma sin límites de capacidad.
		Relaciona la data recibida (de los dispositivos y cuestionarios) con el contenido audiovisual, en base a un flujograma programado.	Relaciona y analiza la data en base a un flujograma complejo que contemple el máximo de situaciones y escenarios.
		Muestra los resultados obtenidos por los dispositivos de monitoreo en cada sesión, pero muestra el progreso y la retroalimentación semanalmente.	-

		Muestra contenido audiovisual sobre ejercicios de rehabilitación, tutoriales y tips generales(almacenados y vinculados a YouTube), de acuerdo al flujograma de cada paciente.	Muestra contenido audiovisual almacenado en la misma plataforma.
		Muestra indicaciones, sugerencias y resultados al usuario a través de la interfaz.	Muestra los resultados a través de distintos medios adicionales (correos, mensajes de texto o llamadas al paciente o cuidador)

Fuente: Elaboración del grupo

5. TABLA 04: REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

REQUERIMIENTOS	OBLIGATORIOS	DESEABLES	
NO FUN C I O N A L E S	Dispositivo	Posee una forma y estructura adecuada a su función y componentes.	Diseño estético, ergonómico, tamaño pequeño (usar componentes multifuncionales y de menor tamaño sin disminuir la eficiencia del dispositivo)
		Bajo costo de elaboración	-
		Uso intuitivo y sencillo	-
	Plataforma virtual	Interfaz web o Interfaz móvil.	Multiplataforma.
		Interfaz interactiva e intuitiva para el usuario.	Tamaño de letra autoajutable, indicaciones en mensajes de voz para los adultos mayores.
		Funcionamiento online (requiere conexión internet)	Funcionamiento online y offline (no requiere conexión internet)
		Tratamiento confidencial de datos personales	-

Fuente: Elaboración del grupo

6.

GRÁFICO 02: MATRIZ MORFOLÓGICA

	Funciones	Opción 1	Opción 2	Opción 3
P L A T A F O R M A	Interfaz	Interfaz web 	Interfaz Móvil 	
	Desarrollar	Wix 	Thunkable 	Android Studio 
	Almacenar	MariaDB 	MongoDB 	MySQL 
D I S P O S I T I V O	Energía	Batería de Litio 	Batería 9v recargable 	Cable de alimentación 
	Accionar	Button switch 	Switch 	
	Detectar	Sensor de distancia ultrasonido 	Sensor de distancia infrarrojo 	Sensor de distancia VL6180X 
M O N I T O R E O	Controlar	Arduino Pro mini 	Arduino nano 	Arduino Uno 
	Comunicar	Módulo bluetooth 	Cable USB 	

C.S. 1 C.S. 2 C.S. 3

Fuente: Elaboración del grupo

7.-
VITALES

GRÁFICO 03: MATRIZ MORFOLÓGICA DISPOSITIVO DE SIGNOS

Funciones	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Energía	Batería de Litio 	Batería 9v recargable 	
Accionar	Button Switch 	Switch 	Switch Deslizante 
Detectar (Pulsioximetro)	MAX30100 	MAX30101 	MAX30102 
Detectar (Temperatura)	MLX90614 	LM35 	
Controlar	Arduino Pro mini 	Arduino nano 	
Comunicación entre módulos	Modulo Bluetooth 	Cable USB 	
Comunicación al paciente	Led RGB+Buzzer 	Leds+Miniparlante (requiere memoria externa) 	Leds+ Buzzer + OLED display de 0,91 
	C.S. 1	C.S. 3	C.S. 2

Fuente: Elaboración del grupo

8.

TABLA 05: CUADRO DE VALORACIÓN INSPIRÓMETRO MODIFICADO

N°	Criterios técnicos y económicos	Conceptos de solución del inspirómetro modificado(C.S.)																	
		1						2						3					
		A M	A Z	M L	E U	W V	P M	A M	A Z	M L	E U	W V	P M	A M	A Z	M L	E U	W V	P M
1	Facilidad de ensamblaje D	3	3	4	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	1	2	2	1	2
2	Facilidad de integración I	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	2	2	3	1	2	2
3	Costo de tecnología D	4	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2
4	Costo de mantenimiento D	4	3	3	4	4	4	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2
5	Tamaño D	0	0	2	2	0	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4
6	Peso D	2	0	2	2	0	1	4	4	4	4	4	4	2	3	3	3	2	3
7	Precisión D	2	3	1	2	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3
8	Disponibilidad de repuestos D	4	4	3	4	3	4	4	3	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3
9	Facilidad de manejo I	3	0	3	2	3	2	3	4	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3
10	Autonomía D	0	0	1	2	0	1	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	3	3
12	Escalabilidad D I	0	0	1	2	0	1	2	4	3	3	2	3	3	3	3	2	4	3
13	Transmisión de datos D I	4	3	4	3	4	4	2	3	4	3	4	3	2	2	1	2	1	2
SUMA		31						40						32					

0= No satisface 1=Aceptable 2=Suficiente 3=Bien 4=Muy bien

Fuente: Elaboración del grupo

9.

TABLA 06: CUADRO DE VALORACIÓN DISPOSITIVO DE SIGNOS VITALES

N°	Criterios técnicos y económicos	Conceptos de solución (C.S.) Dispositivo de monitoreo de signos vitales																				
		1						2						3								
		A M	A Z	M L	E U	W V	P M	A M	A Z	M L	E U	W V	P M	A M	A Z	M L	E U	W V	P M			
1	Facilidad de ensamblaje	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	2	2	1	2			
2	Costo de tecnología	3	3	3	2	4	3	2	2	1	1	0	1	2	2	2	4	2	2			
3	Costo de mantenimiento	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	4	2	2			
4	Tamaño	3	4	4	3	4	4	3	2	2	3	3	3	2	1	2	3	1	2			
5	Peso	3	4	3	3	4	3	2	2	2	3	3	2	2	1	2	2	1	2			
6	Precisión	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	2	2	3	3	3			
7	Disponibilidad de repuestos	3	4	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	2	3			
8	Autonomía	3	4	4	3	4	4	3	3	3	3	4	3	1	2	1	2	1	1			
9	Escalabilidad	3	4	3	3	4	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
10	Transmisión de datos	4	4	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	1	2	2	2	1	2			
SUMA								31							26							22

0= No satisface 1=Aceptable 2=Suficiente 3=Bien 4=Muy bien

Fuente: Elaboración del grupo

10.

TABLA 07: Evaluación técnica (Xi) VDI 2225

Variantes de proyectos			Proyecto preliminar 1			Proyecto preliminar 2		Proyecto preliminar 3		Proyecto ideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	
1	Forma	5	2,2	11	3,2	16	2,4	12	4	20	
2	Diseño	5	1,8	9	3,4	17	2	10	4	20	
3	Seguridad	6	3	18	3,4	20,4	2,8	16,8	4	24	
4	Ergonomía	8	2,2	17,6	3,4	27,2	2,2	17,6	4	32	
5	Fabricación	8	2,2	17,6	3,2	25,6	2,2	17,6	4	32	
6	Montaje	8	1,8	14,4	3,2	25,6	1,8	14,4	4	32	
7	Transporte	7	3	21	3,8	26,6	2,6	18,2	4	28	
8	Mantenimiento	8	2,6	20,8	3	24	2,6	20,8	4	32	
9	Peso	9	3,2	28,8	3	27	2,2	19,8	4	36	
Puntaje Máximo Σp o Σgp				22	158,2	29,6	209,4	20,8	147,2	36	256
Valor Técnico Xi				-	0,618	-	0,818	-	0,575	-	1.00
Orden				-	2	-	1	-	3	-	-

Fuente: Elaboración del grupo

11.

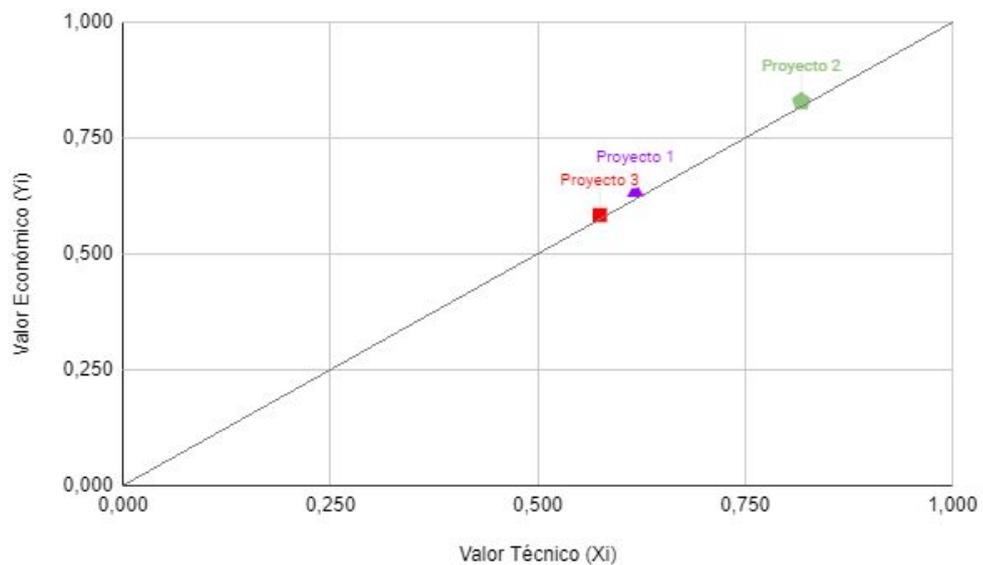
TABLA 08: Evaluación económica (Yi) VDI 2225

Variantes de proyecto			Proyecto preliminar 1			Proyecto preliminar 2		Proyecto preliminar 3		Proyecto ideal	
N	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	
1	Costo de mantenimiento	6	2,2	13,2	3	18	1,6	9,6	4	24	
2	Disponibilidad del mercado	9	3	27	3,2	28,8	3,6	32,4	4	36	
3	Costo de materiales	8	2,4	19,2	3,4	27,2	2,2	17,6	4	32	
4	Costo de fabricación	8	2,4	19,2	3,6	28,8	1,6	12,8	4	32	
Puntaje máximo Σp o Σgp				10	78,6	13,2	102,8	9	72,4	16	124
Valor económico Yi				-	0,634	-	0,829	-	0,584	-	1.00
Orden				-	2	-	1	-	3	-	-

Fuente: Elaboración del grupo

12.

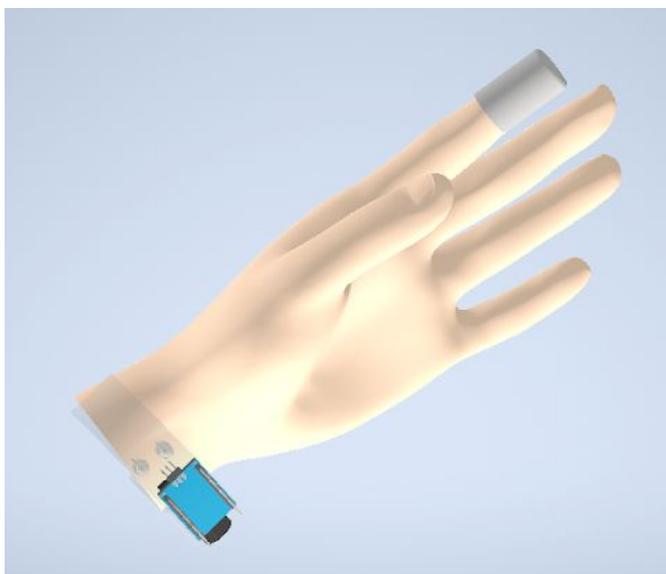
Gráfico 04: Concepto de solución



Fuente: Elaboración del grupo

13.

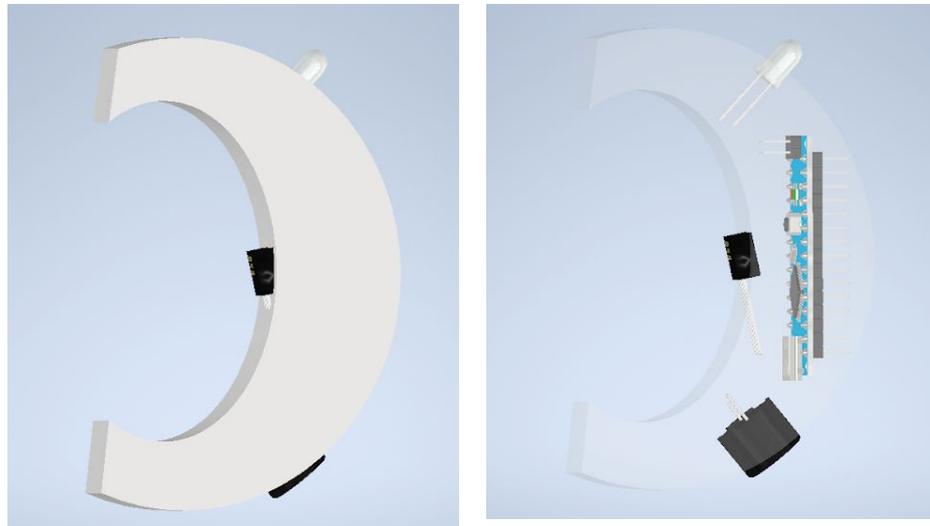
Gráfico 05: Vista lateral del dispositivo y sensores



Fuente: Elaboración del grupo

14.

Gráfico 06: Vista con (izquierda) y sin carcasa (derecha) de la pulsera



Fuente: Elaboración del grupo

15.

Gráfico 07: Flujo de Bocetos hechos a mano



- Datos del cuidador
 - Nombre completo
 - Teléfono / email
 - Parentesco
- Información clínica
 - Tiempo en UCI
 - Comorbilidades
 - Medicamentos que toma

¿Para que sirve esta información?
 Esta aplicación es una ayuda a la rehabilitación

acepto términos

Presentación de Nosotros

¿Quiénes somos?
 un grupo de estudiantes...

Objetivo

Ayudar en la rehabilitación desde el hogar

Perfil Personal

Indicaciones diarias

Cognitivo
 imagen monitor de internet

Psicológico
 Imagen monitor de internet

Ejercicios musculares periféricos
 imagen monitor de internet

Ejercicios musculares pulmonares
 imagen monitor de internet

Perfil Personal



- Nombre - sexo - edad
- Lugar de residencia
- Datos de contacto
- Información clínica

Exportar datos recopilados

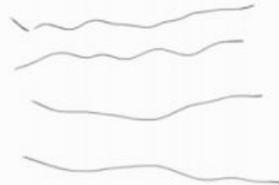
ver progreso

Datos recopilados de los dispositivos



signos vitales

Ejercicios:



Detener

Gráfico 08: Código en Arduino para el funcionamiento del sensor VL6180x

```

#include <Wire.h>
#include "Adafruit_VL6180X.h"
// #include <Adafruit_VL6180X.h>

Adafruit_VL6180X vl = Adafruit_VL6180X();

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  //Wire.begin();
  vl.begin();

  // wait for serial port to open on native usb devices
  while (!Serial) {
    delay(1);
  }

  Serial.println("Adafruit VL6180x test!");
  if (!vl.begin()) {
    Serial.println("Failed to find sensor");
    while (1);
  }
  Serial.println("Sensor found!");
}

void loop() {
  float lux = vl.readLux(VL6180X_ALS_GAIN_5);

  Serial.print("Lux: "); Serial.println(lux);

  uint8_t range = vl.readRange();
  uint8_t status = vl.readRangeStatus();

  if (status == VL6180X_ERROR_NONE) {
    Serial.print("Range: "); Serial.println(range);
  }

  // Some error occurred, print it out!

  if ((status >= VL6180X_ERROR_SYSERR_1) && (status <= VL6180X_ERROR_SYSERR_5)) {
    Serial.println("System error");
  }
  else if (status == VL6180X_ERROR_ECEFAIL) {
    Serial.println("ECE failure");
  }
  else if (status == VL6180X_ERROR_NOCONVERGE) {
    Serial.println("No convergence");
  }
  else if (status == VL6180X_ERROR_RANGEIGNORE) {
    Serial.println("Ignoring range");
  }
  else if (status == VL6180X_ERROR_SNR) {
    Serial.println("Signal/Noise error");
  }
  else if (status == VL6180X_ERROR_RAWUFLOW) {
    Serial.println("Raw reading underflow");
  }
  else if (status == VL6180X_ERROR_RAWOFLOW) {
    Serial.println("Raw reading overflow");
  }
  else if (status == VL6180X_ERROR_RANGEUFLOW) {
    Serial.println("Range reading underflow");
  }
  else if (status == VL6180X_ERROR_RANGEOFLOW) {
    Serial.println("Range reading overflow");
  }
  delay(50);
}

```

Gráfico 09: Código en Arduino para el funcionamiento del módulo bluetooth

```

#include <SoftwareSerial.h> // Incluimos la librería SoftwareSerial
#define rxPin 10// el pin al cual esta conectado el rx ( el pin en el que recibir datos en serie)
#define txPin 11// el pin al cual esta conectado el tx (el pin sobre el cual transmitir datos en serie)
//#define BUTTON 7 // el pin de entrada donde el pulsador esta conectado
SoftwareSerial BT = SoftwareSerial ( rxPin , txPin ) ;
//int val = 0;
int salida;
//int entrada;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Inicializamos el puerto serie
  BT.begin(9600); // Inicializamos el puerto serie BT que hemos creado
  pinMode (rxPin, INPUT);
  pinMode (txPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  //if(BT.available()) // Si llega un dato por el puerto BT se envía al monitor serial
  //{
  //  //entrada=BT.read();
  //  //Serial.write(entrada);
  //  //Serial.println(entrada);
  //  //BT.println(entrada);
  //  //delay(200);
  //  //Serial.write(BT.read());
  //}
  if(Serial.available()) // Si llega un dato por el monitor serial se envía al puerto BT
  {
    char salida=Serial.read(); //char para que no se salga en el monitor serie el código ANSI de mi número, sino su dígito en sí.
    BT.write(salida); //se ve en el celular
    Serial.print("Distancia enviada: "); //se ve en el monitor serie
    Serial.println(salida); //se ve en el monitor serie
    delay(200);

    //BT.write(Serial.read());

    //char dato=Serial.read();
    //Serial.print("Dato recibido: ");
    //Serial.println(dato);
  }
}

```

Gráfico 10: Código de Interacción entre componentes electrónicos.

```

//ZONA DE LIBRERIAS
#include <Wire.h>
#include "Adafruit_VL6180X.h" // Incluimos la librería del sensor VL6180X
#include <SoftwareSerial.h> // Incluimos la librería SoftwareSerial para el bluetooth, permite usar otros pines aparte del Tx y Rx; esto debido a que cuando se carga un
// código se hace uso de estos pines, por lo que deben estar libre de conexiones.

//ZONA DE OBJETOS_ASIGNACIONES
Adafruit_VL6180X vl = Adafruit_VL6180X(); //creando mi nuevo objeto para el sensor, lo llamaremos vl

#define rxPin 10// asignamos al pin digital 10 del arduino nano como el nuevo rx (el pin en el que recibir datos en serie)
#define txPin 11// asignamos al pin digital 10 del arduino nano como el nuevo tx (el pin sobre el cual transmitir datos en serie)

SoftwareSerial BT = SoftwareSerial ( rxPin , txPin ); //creando el nuevo puerto serial para BLE, lo llamaremos BT

//ZONA DE VARIABLES
const int LED =4; //definimos el digital 4 para el LED AZUL
const int BUTON = 7; //definimos el digital 7 para el pulsador
//Variables para el led azul
int val = 0; //variable que almacenará el estado del boton
int state = 0; // 0 LED apagado, mientras que 1 encendido; 0=LOW
int old_val = 0; // almacena el antiguo valor de val; 0=LOW
//Variables para hallar el volumen máximo inspirado
int maximo = 0;
int max_dist2 =0;
int vall = 0;
int filtro = 0; //variable filtro
float vol_max= 0; //variable que contiene el volumen final inspirado por intento del paciente

//ZONA SETUP
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Inicializamos del puerto serie
  vl.begin(); //Inicialización del sensor de distancia
  BT.begin(9600); // Inicializamos el puerto serie BT que hemos creado
  pinMode (rxPin, INPUT); //Rx como salida
  pinMode (txPin, OUTPUT); // Tx como entrada

  while (!Serial) {
    delay(1);
  }
  //Verificación de detección de sensor de distancia
  Serial.println("Adafruit VL6180x test!");
  if (! vl.begin()) {
    Serial.println("Failed to find sensor"); //mensaje de error
    while (1);
  }
  Serial.println("Sensor found!"); //Imprime el mensaje si se detectó al sensor
}

```

Parte 1

```

//ZONA LOOP
void loop() {

  //ZONA DE SENSOR DE DISTANCIA-BLUETOOTH
  float lux = vl.readLux(VL6180X_ALS_GAIN_5); //Mi sensor detecta distancia y luz por defecto, lux es la variable de valores para luz
  //Serial.print("Lux: "); Serial.println(lux); //Apago la visualizacion de lux, porque no es una variable de interés

  //Variables del sensor de distancia
  uint8_t range = vl.readRange(); // uint8_t es un tipo de datos de 8 bits (0 a 255); range es la variable que alberga la distancia medida
  uint8_t status = vl.readRangeStatus();

  if (status == VL6180X_ERROR_NONE) { //Si el estado del sensor de distancia no muestra error se ejecutan todas estas acciones:

    //ZONA DE LED_BOTON; PARA QUE SE APAGUE Y ENCIENDA EL LED AZUL AL PRESIONAR EL BOTON
    val= digitalRead(BUTTON); // lee el estado del Boton, 0 o 1; 1 solo si esta presionado, sino lee 0 todo el tiempo.

    //ZONA DE VARIACIÓN DE ESTADOS DEL LED AZUL
    if ((val == HIGH) && (old_val == LOW)){
      state=1-state;
      delay(10);
    }
    old_val = val; // valor del antiguo estado
    if (state==1){
      digitalWrite(LED, HIGH); // enciende el LED
    }
    else{
      digitalWrite(LED,LOW); // apagar el LED
    }
  }

  //FILTRO
  if (digitalRead(LED)==HIGH){ //SI EL LED AZUL ESTÁ PRENDIDO SE ENVIAN LOS DATOS SIGUIENTES:
    Serial.print("Distancia: "); Serial.println(range); //Para mostrar en el MONITOR SERIE los datos de distancia medida
    vall=range; //Cambio de variable para que el rango se actualice siempre con cada if
    delay(50);

    if (vall>maximo){
      maximo=vall; //El valor máximo de distancia se va actualizando con cada lectura, siempre y cuando sea mayor al valor anterior
    }
    filtro=1; //variable filtro que nos sirve para las siguientes sentencias
  }
}

```

Parte 2

```

// ZONA DE ERRORES DEL SENSOR DE DISTANCIA

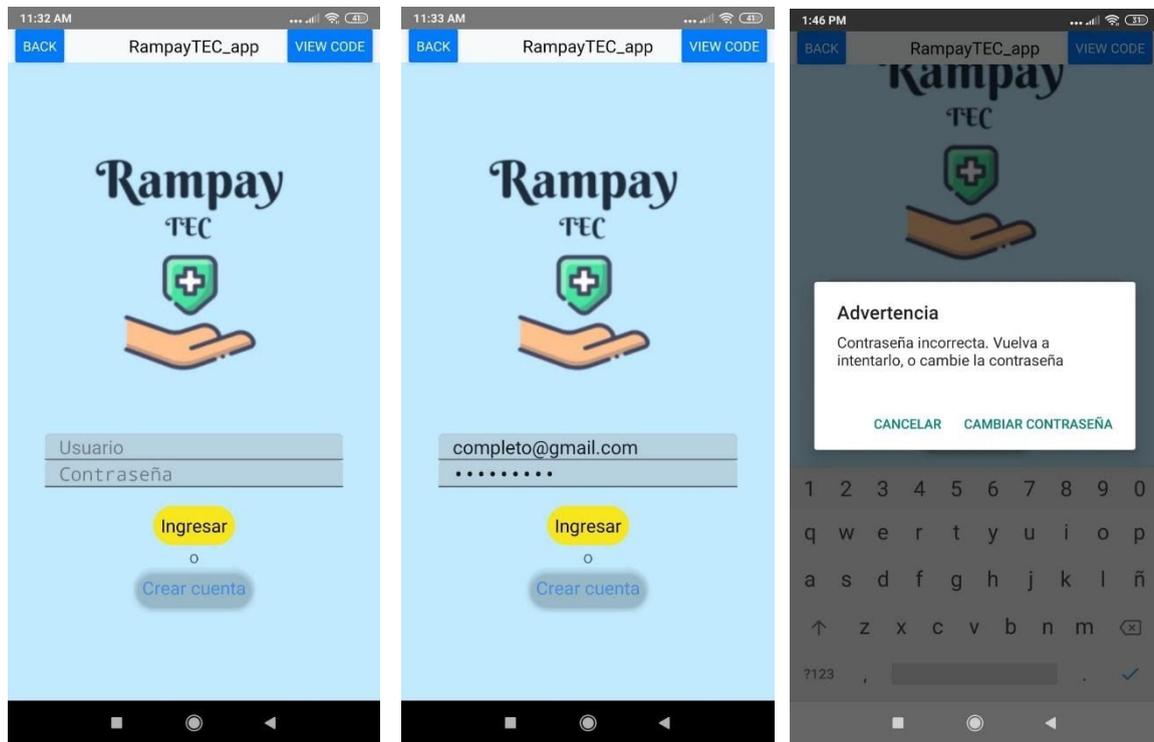
if ((status >= VL6180X_ERROR_SYSERR_1) && (status <= VL6180X_ERROR_SYSERR_5)) {
    Serial.println("System error");
}
else if (status == VL6180X_ERROR_ECEFAIL) {
    Serial.println("ECE failure");
}
else if (status == VL6180X_ERROR_NOCONVERGE) {
    Serial.println("No convergence");
}
else if (status == VL6180X_ERROR_RANGEIGNORE) {
    Serial.println("Ignoring range");
}
else if (status == VL6180X_ERROR_SNR) {
    Serial.println("Signal/Noise error");
}
else if (status == VL6180X_ERROR_RAWUFLOW) {
    Serial.println("Raw reading underflow");
}
else if (status == VL6180X_ERROR_RAWOFLOW) {
    Serial.println("Raw reading overflow");
}
else if (status == VL6180X_ERROR_RANGEUFLOW) {
    Serial.println("Range reading underflow");
}
else if (status == VL6180X_ERROR_RANGEOFLOW) {
    Serial.println("Range reading overflow");
}
delay(50);
}

```

Parte 3

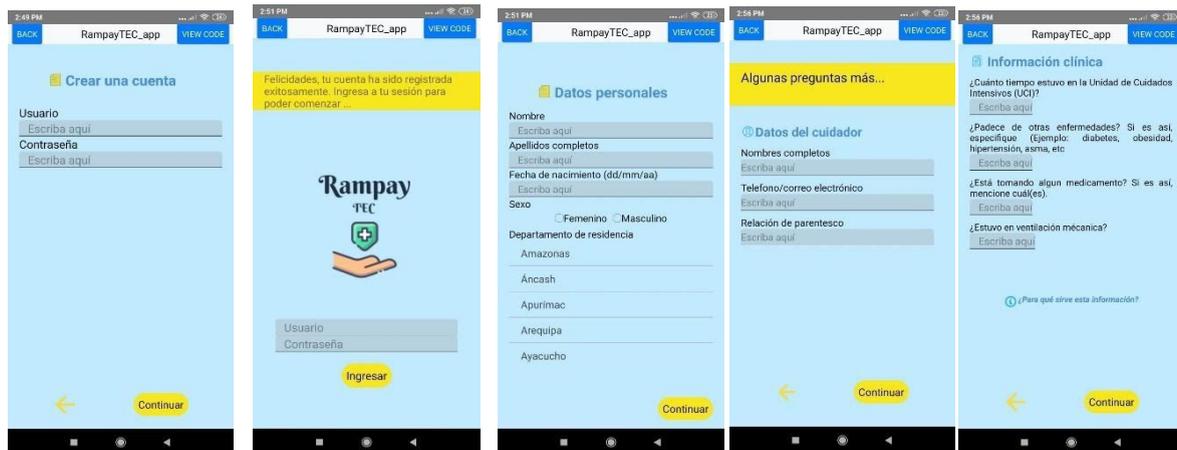
19.

Gráfico 11: Iniciar sesión



20.

Gráfico 12: Crear cuenta



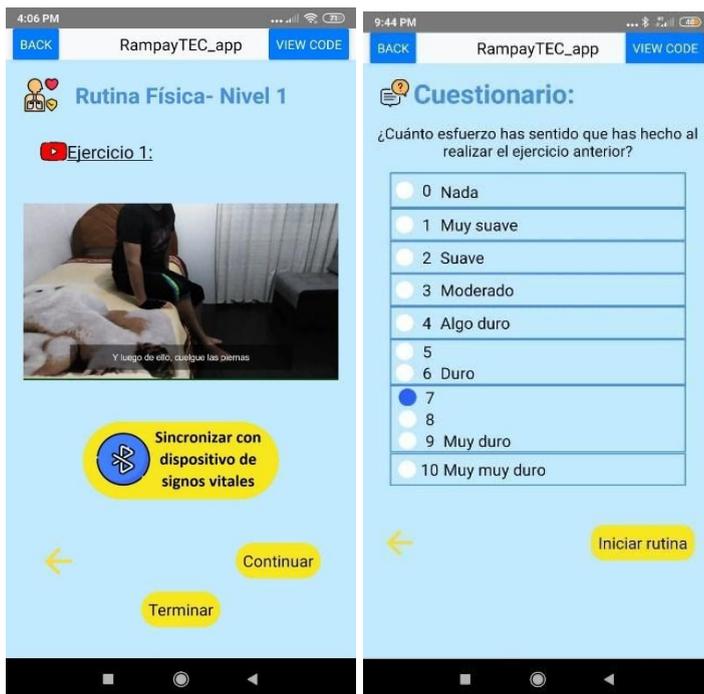
21.

Gráfico 13: Pantalla principal



22.

Gráfica 14: Pantalla de ejercicios físicos y cuestionario de Borg



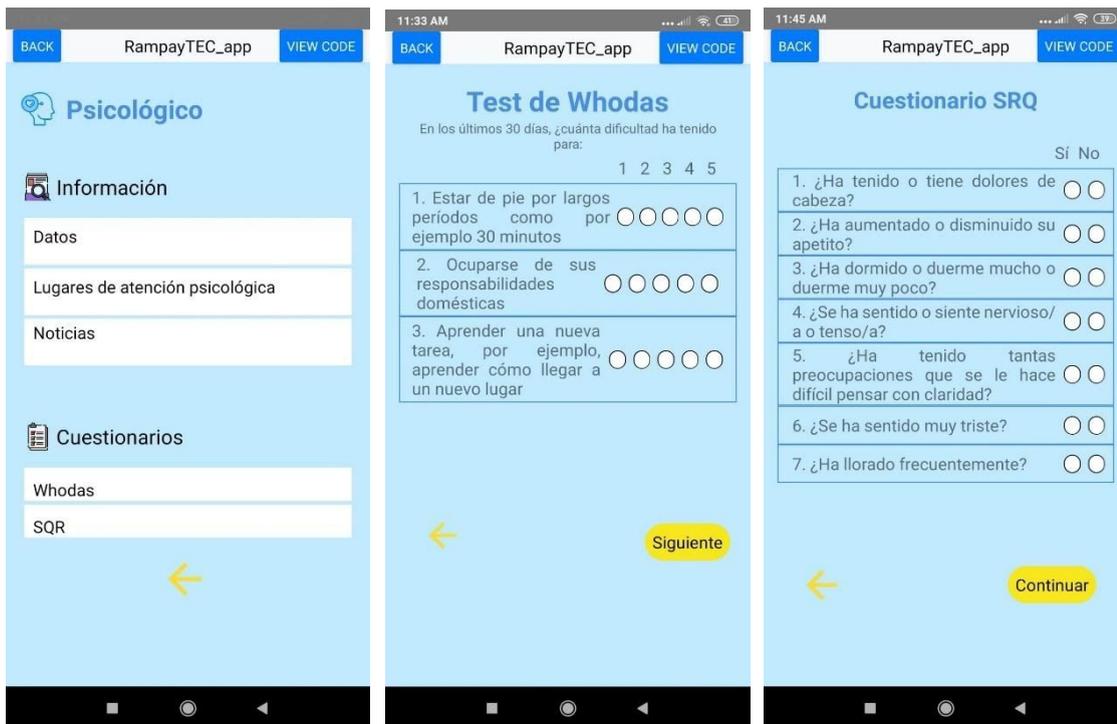
23.

Gráfica 15: Pantalla de ejercicios de respiración



24.

Gráfica 16: Área psicológica



25.

Gráfica 17: Perfil personal



26.

Gráfica 18: Dashboard. Datos para los pacientes (izq.) y datos para los doctores (der.)



Anexo 02: Funcionalidades del Backend

1. Almacenamiento de datos:

1.1. Sincronización con Firebase:

La sincronización se hizo con el apiKey y databaseURL que cada proyecto genera en Firebase, estos luego fueron copiados en las propiedades del proyecto en Thinkable.



Imagen 1: Sincronización de Firebase

1.2. Creación de cuenta:

Para la creación de cuenta se añadieron los componentes no visibles de Sign in y Realtime DB, con estos se habilita las opciones de crear cuenta y almacenar datos en la base de datos previamente sincronizada.

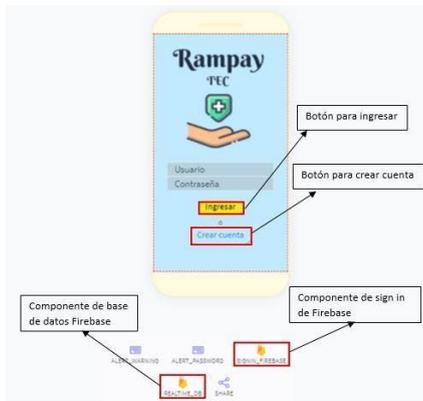


Imagen 2: Partes de la creación de cuenta

Los 2 botones resaltados poseen funciones de sign in y sign up, estos botones tienen por código las imágenes 3 y 4 respectivamente. Cabe resaltar que también se incluyeron advertencias cuando introduce mal la contraseña o introduce una cuenta que no ha sido registrada o trata de registrarse con una cuenta ya registrada.

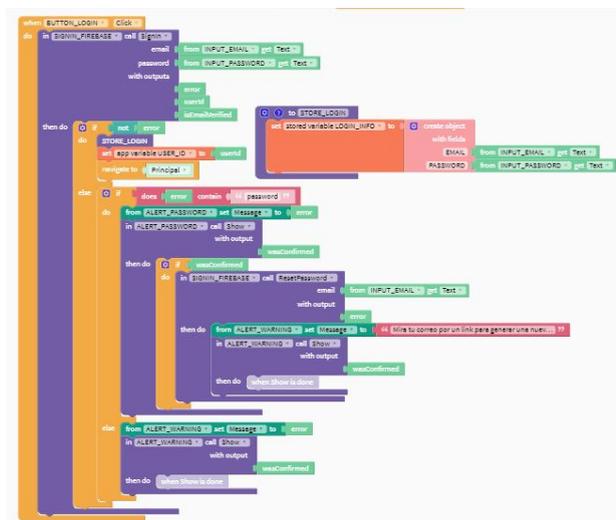


Imagen 3: Bloque de sign in

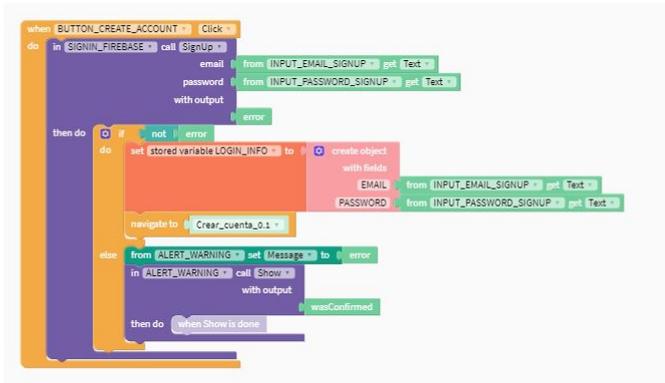


Imagen 4: Bloque de sign up

Finalmente cuando se ejecuta la aplicación se obtiene en la base de datos el usuario registrado con el ID de usuario, esta parte es importante ya que se empleara ese ID como variable para que cada persona pueda guardar y ver solo sus propios datos al ingresar a su cuenta. El ID se puede ver en la imagen 5.



Imagen 5: ID del usuario

1.3. Recepción de datos en Firebase:

Para almacenar datos se creó una pantalla donde al pulsar el botón continuar se almacene todo en la base de datos, en la imagen 6 se muestra la pantalla junto a la base de datos y como estos datos se almacenan.

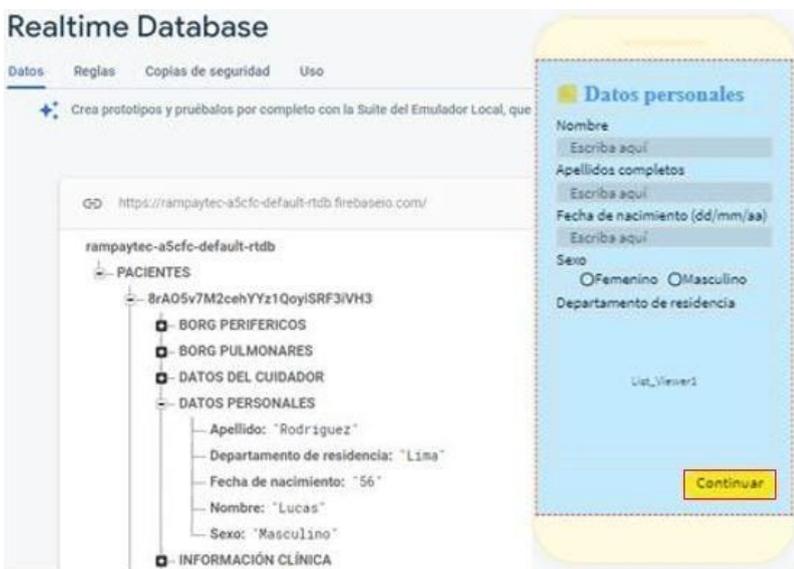


Imagen 6: Recepción de datos en Firebase

El bloque se ejecuta cuando se pulse el botón de continuar, este bloque hace el llamado a la función save y con esto se almacenan los datos en carpetas, es en esta parte donde se usa el ID del usuario para que los datos de otro usuario no se sobrescriban sobre los datos de otro usuario.



Imagen 7: Bloque de almacenar datos en Firebase

1.4. Envío de datos desde Firebase:

Para el envío de datos, por ejemplo, en la imagen 8 se contempla que la aplicación le muestre los datos que previamente el usuario introdujo cuando se registró, para esto se crearon etiquetas que varíen su contenido de acuerdo a lo que se encuentra en la base de datos.



Imagen 8: Pantalla que muestra datos de la base de datos

Para poder mostrar datos en nuestra aplicación, se creó un bloque que se ejecuta al abrirse la pantalla, para que los datos se muestren de forma automáticamente, después de esto se emplea la función Get para obtener datos de la dirección especificada en el Key de la función.

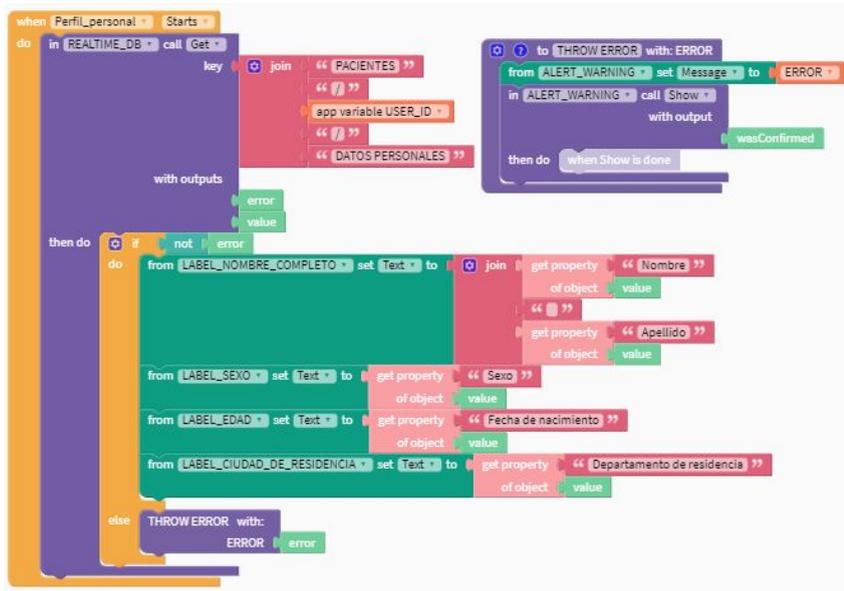


Imagen 9: Bloque para mostrar datos desde Firebase

1.5. Actualización de datos:

Para la actualización de datos, por ejemplo, en la imagen 10 se requiere que el usuario pueda actualizar los datos que introdujo cuando creo su cuenta, para esto se crearon Text Input que puedan leer la información nueva y actualizarla.



Imagen 10: Pantalla para actualizar datos

Los bloques para actualizar datos son los mismos que para guardar datos, por lo que se usa la función Save, dicha función se ejecuta cuando se pulsa el botón guardar como se ve en la imagen 11 y reemplaza los datos anteriormente guardados por los nuevos introducidos en los Text Input.

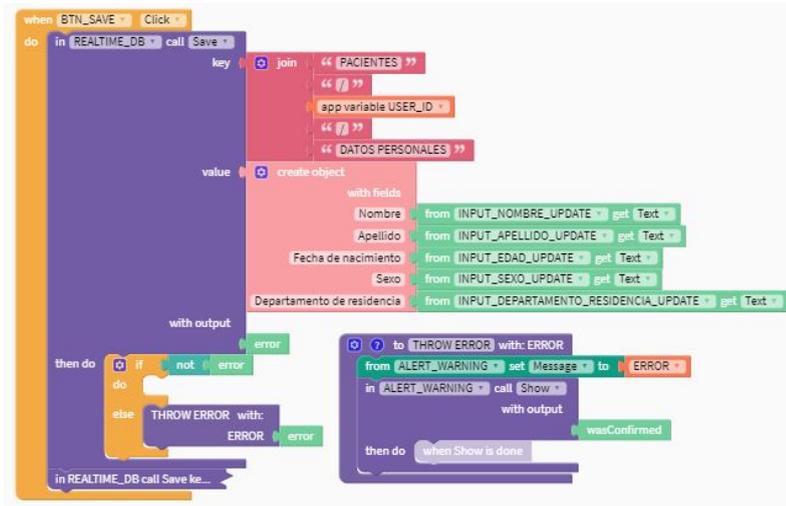


Imagen 11: Bloques para actualizar datos

1.6. Almacenamiento de multimedia:

Para el almacenamiento multimedia se suben los videos al Storage de Firebase, esto se hace debido a la compatibilidad de los videos con Thunkable, ya que, en un primer intento se trató vincular los videos desde YouTube y este vínculo no funciono. Por ello se subieron videos al Storage y como se muestra en la imagen 12, Firebase genera un vínculo que al ser accedido nos da un link.

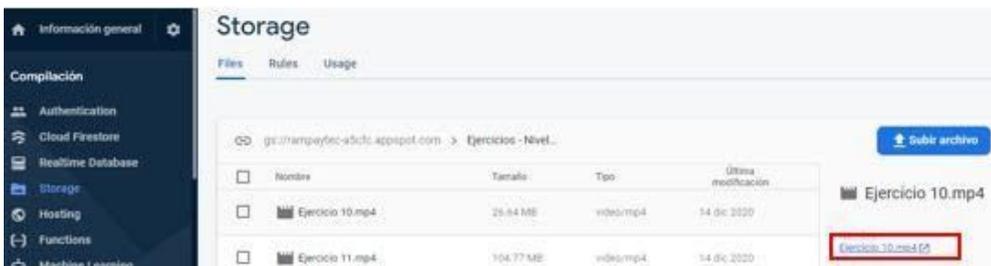


Imagen 12: Enlace generado por el Firebase de los videos subidos

Después de dar clic en el vínculo, nos lleva a una página donde el link es copiado en el reproductor de videos de Thunkable como se muestra en la figura 13, para que finalmente el video pueda ser visto desde la aplicación.



Figura 13: Copia del link a Thunkable

1.7. Envío de correo a psicólogo y fisioterapeuta:

Para poder enviar un correo al psicólogo y fisioterapeuta se agregó el componente Share como se muestra en la figura 14, también se agregaron Text Input para que estos reciban los correos que el paciente introduzca y el correo se envíe a dichos correos.



Figura 14: Inclusión del componente Share

Los bloques para poder enviar el correo se ejecutan al pulsar el botón enviar resultados como se muestra en la figura 15, donde se llama a la función Send Email y se envía la información de los cuestionarios e inspirómetro al correo del fisioterapeuta y psicólogo.



Figura 15: Compartir resultados con el fisioterapeuta y psicólogo

1.8. Sincronizado con Google Sheets:

Para sincronizar la aplicación con Google Sheets, se añade una fuente de datos en la parte señalada con un cuadro rojo en la imagen 16, después de ello se selecciona el archivo en el que se añadirán los resultados, esta sincronización se hace con la finalidad de actualizar los datos de un paciente en el documento de Google Sheets para que el psicólogo y fisioterapeuta puedan ver los resultados de los usuarios.

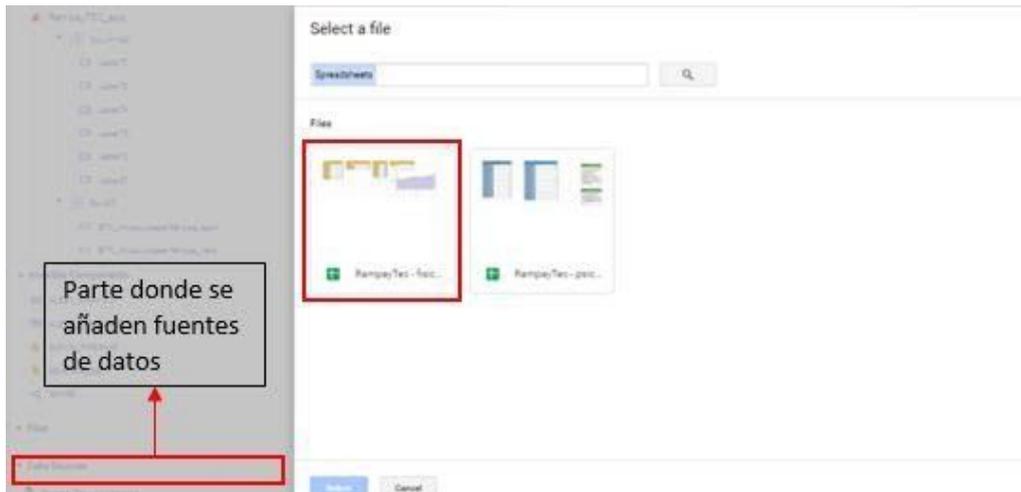


Imagen 16: Añadir fuente de datos

1.9. Guarda de datos en Google Sheets:

Para guardar datos, en la pantalla compartir resultados, cuando el usuario ingresa, automáticamente se ejecuta la función Get, donde obtenemos los resultados de los cuestionarios almacenados en Firebase y los guardamos en el Google Sheets sincronizado, para mostrar los resultados con el link que se enviara junto al correo cuando el usuario comparta sus resultados.

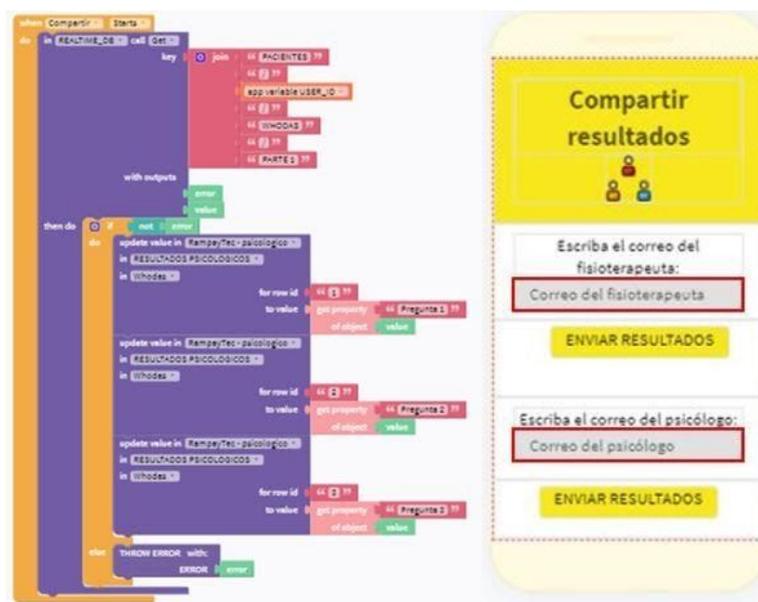


Imagen 17: Guardar datos en Google Sheets

Finalmente al ejecutarse la función, el Google Sheets sincronizado, se actualiza con los resultados del usuario, para que el fisioterapeuta y psicólogo puedan ver los resultados, una vista de ejemplo se muestra en la imagen 18 donde se ve como se llenan los resultados de los cuestionarios SRQ y Whodas.

RampayTec - psicologico ☆ 📄 🌐

Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Complementos Ayuda Última modificación ayer a la(s) 13:02

100% € % .0 .00 123 Predetermi... 10 B I A

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	N°	Whodas	N°	SRQ				
2	Pregunta 1	1		Pregunta 1	0			Whodas	
3	Pregunta 2	1		Pregunta 2	0			Los números mostrados corresponden a las respuestas del cuestionario corto de Whodas. El número 1 es ninguna, el 2 es leve, el 3 moderada, el 4 severa y el 5 extrema.	
4	Pregunta 3	1		Pregunta 3	1				
5	Pregunta 4	4		Pregunta 4	1				
6	Pregunta 5	3		Pregunta 5	0				
7	Pregunta 6	1		Pregunta 6	0				
8	Pregunta 7	5		Pregunta 7	0				
9	Pregunta 8	1		Pregunta 8	1				
10	Pregunta 9	3		Pregunta 9	1				
11	Pregunta 10	2		Pregunta 10	1			SRQ	
12	Pregunta 11	4		Pregunta 11	1			Los numeros mostrados corresponden a las respuestas del paciente en el cuestionario, donde 1 corresponde a si y 0 a no	
13	Pregunta 12	2		Pregunta 12	0				
14				Pregunta 13	1				

Imagen 18: Google Sheets actualizado

1.10. Envío de datos de Google Sheets a Thinkable:

Para el envío de datos contenidos en Google Sheets a la aplicación, como se muestra en la imagen 19, se quiere reemplazar los 3 puntos con el promedio inspirado en una semana.

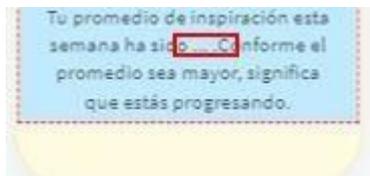


Imagen 19: Pantalla que necesita mostrar datos guardados en Google Sheets

Para que se reciban los datos se automatizan el Google Sheets para tener celdas que muestren el promedio del volumen inspirado, como se muestra encerrado en el cuadro rojo de la imagen 20 se tiene el promedio de los valores.

N°	Borg ejercicios físicos	N°	Borg ejercicios pulmonares	Día	Vol. máx. (mL)	Promedio	Promedio Vol. máx. (mL)
Ejercicio 1	3	Ejercicio 1	3	15/12/20	2100	Promedio	2657
Ejercicio 2	2	Ejercicio 2	8	16/12/20	2200		
Ejercicio 3	3	Inspirómetro	8	17/12/20	2600		
Ejercicio 4	3			18/12/20	2800		
Ejercicio 5	2			19/12/20	2600		
Ejercicio 6	2			20/12/20	3000		
Ejercicio 7	4			21/12/20	3300		
Ejercicio 8	1						

Imagen 20: Datos a enviar desde Google Sheets

El bloque para que la aplicación reciba los datos del Google Sheets se ejecuta cuando la pantalla que necesita saber el promedio se abre, entonces se usa la función Get Data From y se especifica el nombre de la columna de donde se extraerá la información, asimismo, se especifica la fila. Este bloque se puede ver en la imagen 21.



Imagen 21: Bloque para extraer datos de Google Sheets

1.11. Desarrollo de gráficos:

Para el desarrollo de los gráficos en el mismo Google Sheets se publica el grafico en la web como lo muestra la imagen 22.

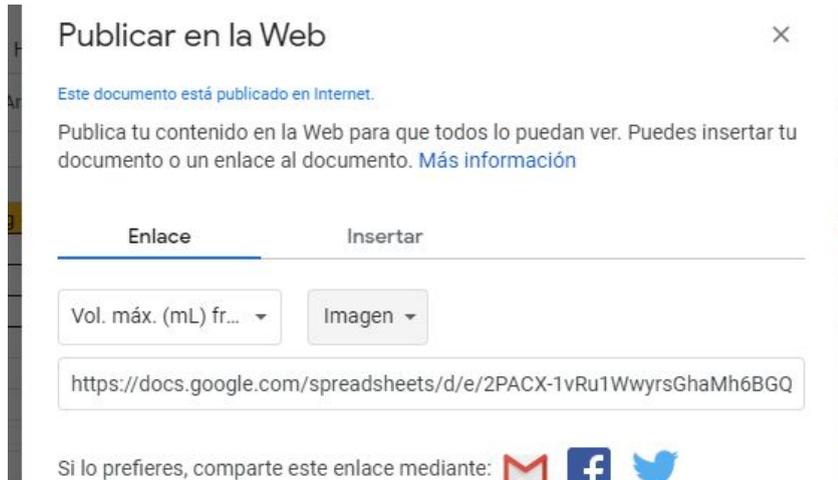


Imagen 22: Publicar grafico en la web

Después de tener el link de la imagen publicada, en la pantalla de la aplicación que debe mostrar la evolución, en un componente llamado imagen, se copia el link de la imagen para que esta sea mostrada desde la aplicación, esto se puede ver en la imagen 23

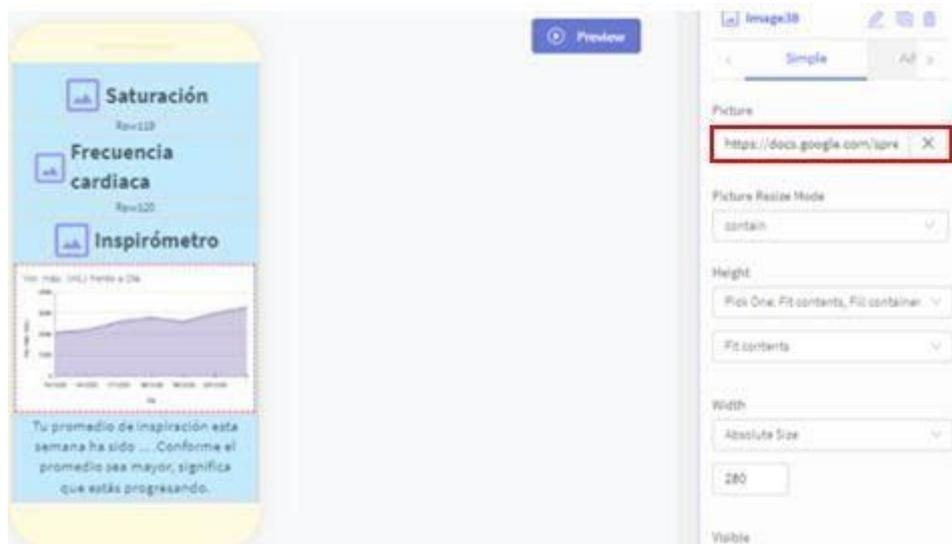


Imagen 23: Vincular gráfico a la aplicación