

**Acta de Correcciones al Proyecto de Grado
Ingeniería de Sistemas y Computación**

Fecha: 8 de Julio del 2021

Autores: Tania Cibeles Obando Suarez y Juan Camilo Vanegas Rodríguez

Nombre del Proyecto de Grado: Implementación de prototipo funcional para videojuego que favorece la recuperación de pacientes con secuelas pulmonares por COVID 19

Director: PhD. Andrés Navarro Newball

Como indica el artículo 2.27 de las Directrices de Trabajo de Grado, he verificado que los estudiantes indicados arriba han implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Grado definieron que se efectuarán, como consta en el Acta de Calificación correspondiente.



Andrés A. Navarro N.

PhD. Andrés Navarro Newball

Nota de Aceptación

Aprobado por el Comité de Trabajo de Grado
en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia
Universidad Javeriana para optar el título de Ingeniero de
Sistemas y computación.

PhD. HERNÁN CAMILO ROCHA NIÑO
Decano de la Facultad de Ingeniería

PHD. GERARDO MAURICIO SARRIA M
Director Carrera Ingeniería de Sistemas y Computación.

PhD. ANDRÉS NAVARRO NEWBALL

Director(a) Trabajo

PhD. GERARDO MAURICIO SARRIA
Jurado 1

PhD. HERNÁN CAMILO ROCHA
Jurado 2

Pontificia Universidad Javeriana Cali
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Ingeniería de Sistemas y
Computación Proyecto de Grado.

Implementación de prototipo funcional para videojuego que favorece la
recuperación de pacientes con secuelas pulmonares por COVID 19

Tania Cibeles Obando Suárez - Código: 6036110
Juan Camilo Vanegas Rodríguez - Código: 6076209

Director: Phd. Andrés Adolfo Navarro
Newball



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Santiago de Cali, 11 de junio de 2021.

Señores
Pontificia Universidad Javeriana Cali.

Dr. Gerardo Mauricio Sarria M

Director Carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación.Cali.

Cordial saludo.

En condición de asesores del proyecto de grado titulado: “Implementación de prototipo funcional para videojuego que favorece la recuperación de pacientes con secuelas pulmonares por COVID 19” elaborado por los estudiantes de Ingeniería de Sistemas y Computación Tania Cibeles Obando Suárez (código: 6036110) y Juan Camilo Vanegas Rodríguez (código: 6076209), certifico que el trabajo realizado cumple con las exigencias académicas y metodológicas establecidas; así como con los requisitos de forma del trabajo, de citación y de bibliografía. Por lo anterior, confirmo que el proyecto de grado puede ser sustentado.

Atentamente,



PhD. Andrés Adolfo Navarro Newball M.



Ed. David Baldeón Padilla

Señores
Pontificia Universidad Javeriana Cali.

Dr. Gerardo Mauricio Sarria M
Director Carrera de Ingeniería de Sistemas y
Computación. Cali.

Cordial saludo.

Nos permitimos presentar a su consideración el proyecto de grado titulado “Implementación de prototipo funcional para videojuego que favorece la recuperación de pacientes con secuelas pulmonares por COVID 19” con el fin de cumplir con los requisitos exigidos por la Universidad para llevar a cabo el proyecto de grado y posteriormente optar al título de Ingeniero de Sistemas y Computación.

Al firmar aquí, damos fe que entendemos y conocemos las directrices para la presentación de trabajos de grado de la Facultad de Ingeniería aprobadas el 26 de noviembre de 2009, donde se establecen los plazos y normas para el desarrollo del anteproyecto y del trabajo de grado.

Atentamente,



Tania Cibeles Obando S.
Código: 6036110



Juan Camilo Vanegas Rodríguez
Código: 6076209

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo crear un prototipo funcional de videojuego que contribuya a mejorar la función pulmonar en pacientes que han sido afectados por COVID-19. Lo que se busca a través de este software o videojuego es mejorar la atención al paciente y optimizar la labor del fisioterapeuta. El software se diseñará con participación interdisciplinar de las áreas de ingeniería y ciencias de la salud. Este sistema es un aporte fundamental para la creación de un producto que incentive la realización de la fisioterapia respiratoria, facilitará la prescripción remota y aportará herramientas técnicas a los fisioterapeutas respiratorios para el seguimiento de los pacientes. Adicionalmente, se espera que el videojuego contribuya a disminuir los tiempos de recuperación en los entornos hospitalarios, con lo cual se facilitará la integración temprana de la persona a sus actividades cotidianas, se disminuirán los costos en las entidades hospitalarias y se reducirá el riesgo de contagio.

Palabras Clave: Videojuego asociado a incentivo respiratorio, Videojuego para insuficiencia pulmonar, Videojuego para fisioterapia respiratoria , Medical games fibrosis, Videogames fibrosis, Fibrosis games, Gamificación, Inspirómetro.

Abstract

The objective of this project is to make a functional prototype of a video game that helps improve lung capacity in COVID 19 patients. This software or video game wants to improve patient care and optimize the work of the physiotherapist. The software creation is with health personnel and engineers participation. This system is a fundamental contribution to the creation of a product that encourages the performance of respiratory physiotherapy. It will facilitate remote prescription and provide technical tools to respiratory physiotherapists for patient follow. Additionally, the video game is expected to help reduce recovery times in hospitals. With this, the early integration of the person to their daily activities will be facilitated, hospital costs and contagion risks will be reduced.

Key words: Video game associated with respiratory incentive, video game for pulmonary insufficiency, video game for respiratory physiotherapy, fibrosis medical games, fibrosis video games, spirometer, gamification

Índice general

Contenido

Introducción	9
Capítulo 1	12
1.1. Planteamiento del Problema	13
1.1.1. Formulación	14
1.1.2. Sistematización	14
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Objetivo General	15
1.2.2. Objetivos Específicos	15
1.3. Justificación	15
Capítulo 2	18
2.1. Marco de Referencia	19
2.1.1. Áreas Temáticas	19
2.2. Marco Teórico	19
2.2.1. Juego Serios	19
2.2.2. Trabajos Relacionados	31
2.3. Metodología	41
2.3.1. Tipo de Estudio	41
2.3.2. Kanban	42
Capítulo 3	43
3.1. Análisis de la propuesta	43
3.1.2 Patrón diafragmático:	46
3.1.3 Suspiros inspiratorios:	48
3.1.4 Inspiración fraccionada en tiempos:	49
3.2. Proceso de desarrollo interactivo	52
3.3 Población	59
3.4 Requerimientos	60
3.4.1. Requerimientos funcionales	60
3.4.2. Requerimientos NO funcionales.	65

3.5 Diseño de la propuesta	66
3.5.1 Arquitectura física	66
3.5.2 Arquitectura lógica	67
3.5.3 Mockups	72
Capítulo 4	79
4.1. Ecuaciones	79
4.3. Selección de herramientas en la propuesta	83
4.3.1 Unity y el lenguaje C#	83
4.3.2. Firebase Realtime Database	84
4.4 Resultados:	85
4.4.1. Manual de usuario	85
4.4.2. Realización de pruebas	85
4.4.3. Simulaciones	87
4.4.4. Opiniones del semillero	88
Capítulo 5	90
5.1 Conclusiones	90
5.2 Trabajos futuros	91
5.2.1 Interacción del fisioterapeuta con la aplicación:	91
5.2.2 Seguimiento del fisioterapeuta con el paciente:	91
5.2.3 Trayectoria de los ejercicios por parte del paciente:	91
Bibliografía	92
Capítulo 6	99
Anexos	99

Introducción

Con la llegada a mediados de marzo del año 2020 de la pandemia ocasionada por el COVID-19, el mundo se vio envuelto en un virus que no solo se ha convertido en un problema de salud física respiratoria; sino también un problema de salud mental, debido principalmente a las medidas de aislamiento obligatorio, con el propósito de disminuir su propagación. Los nefastos efectos en la salud mental se han reportado en varios estudios en los cuales se ha evaluado el impacto psicológico, los síntomas depresivos, los síntomas de ansiedad y los niveles de estrés que puede llegar a producir un aislamiento y encierro prolongado en los seres humanos. En un estudio realizado en el gigante asiático —China— por Wang et al. (2020) [1] se encontró que el 53.8 % de los participantes del estudio calificó un impacto de moderado a severo por el confinamiento. En el mismo estudio, las personas entre 18 y 30 años, y los mayores de 60 años, tuvieron niveles más altos de estrés psicológico.

Para nuestro país Colombia, en un estudio realizado en abril del 2020 por Rivillas-García et al. (2020) [2] se encontró que: el 75 % de las personas estudiadas han tenido alguna afectación en su salud mental en los últimos 21 días por efecto de las medidas preventivas actuales: el 54 % se sintió nerviosa/o e intranquilo; el 52 % se ha sentido cansada/o sin motivo; el 46 % se sintió inquieta/o impaciente y el 34 % sintió rabia/ira. (p.13). Otros autores como Brooks et al. (2020) [3] y Shigemura et al. (2020) [4] reportan que existirían diversos factores que incidirán en la respuesta de las personas al distanciamiento social, como por ejemplo: el tiempo de duración de la cuarentena, temores de infección, frustración, aburrimiento, suministros inadecuados, información inadecuada, pérdidas financieras, estigma de la sociedad y afectación alimenticia. Estas condiciones pueden evolucionar en desórdenes como depresión, ataques de pánico, trastorno de estrés pos-traumático (TEPT), síntomas psicóticos y suicidio, especialmente prevalentes en pacientes en cuarentena, en quienes el estrés psicológico tiende a ser de mayor nivel. Del mismo modo, en lo que se lleva de la pandemia por el SARS-coV-2 se han registrado alrededor del mundo numerosos casos donde se asegura que el paso de la enfermedad por el cuerpo humano ha dejado una afección en órganos tales como el corazón, riñones, el intestino, cerebro, pero principalmente una afección en los pulmones, se estima que el paso de la infección por los pulmones ha dejado consecuencias significativas como cansancio, fatiga y dificultad respiratoria, lo que ha desenlazado en una disminución de la capacidad pulmonar, así lo asegura el neumólogo Gustavo Prado, del Hospital Alemán Oswaldo Cruz de Sao Paulo Brasil, quien indica ha recibido un número considerable de pacientes con esos efectos [5]. Posterior a ello, El Journal

of the American Medical Association publicó un estudio en el que se aseguró que de

143 pacientes partícipes del estudio, el 87.4% notificaron haber sentido fatiga y dificultades respiratorias a consecuencia de la disminución de la capacidad pulmonar meses después de haber superado el contagio del virus [6].

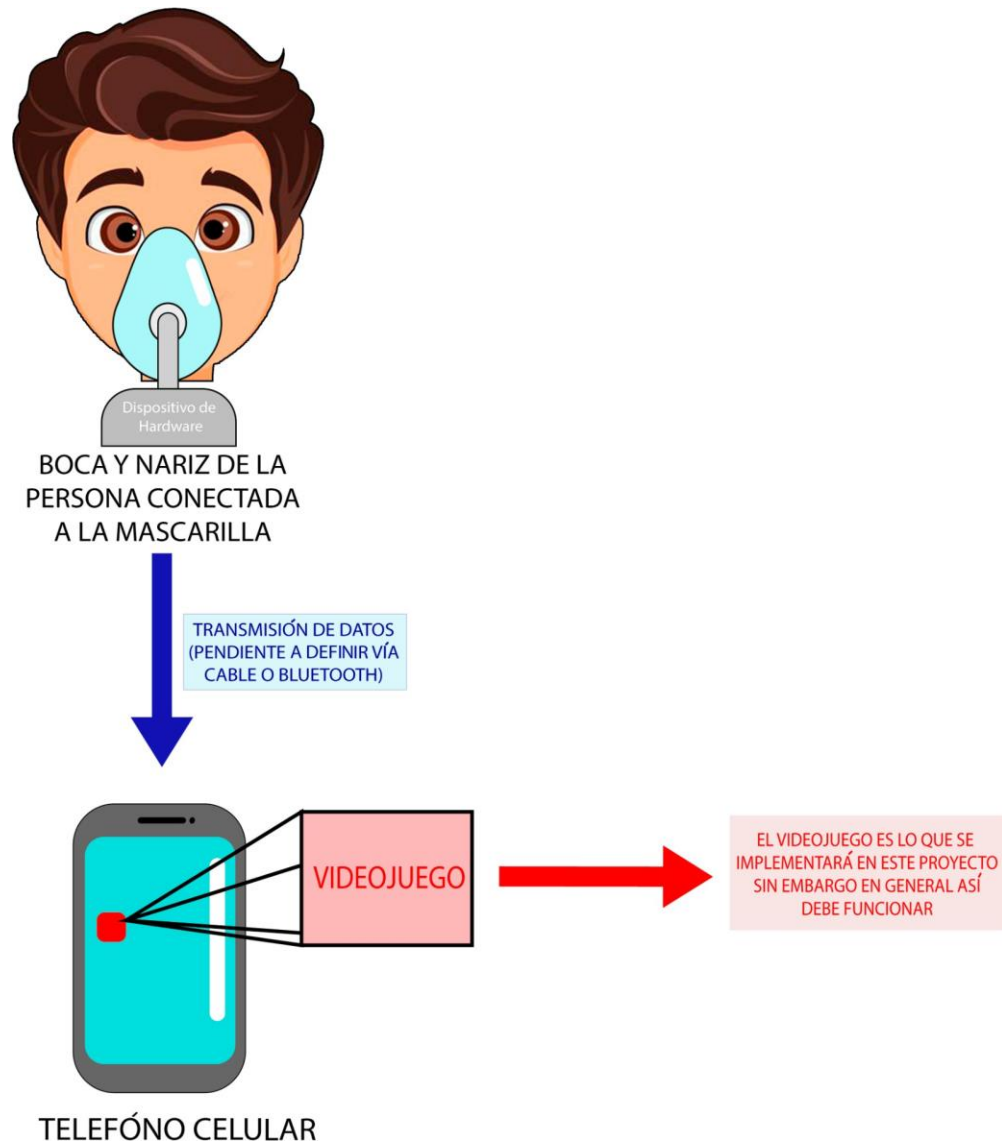
Teniendo en cuenta todo el dramático panorama anteriormente descrito, la población en general encontró una salida al encierro y al aburrimiento del confinamiento en los videojuegos, tanto es así, que en el mes de abril del 2020 —apenas un mes después de haberse ordenado el confinamiento masivo obligatorio— se registró en Colombia la venta de 4´147.251 consolas de videojuegos, cifra muy distante de la datada en el mes de marzo del 2019, donde se vendió 2´939.647 y la cual se consideraba como cifra récord en ventas para la fecha [7]. Es así, como se ha encontrado en los videojuegos una forma de contrarrestar estos efectos y de contribuir en la recuperación física y psicológica del paciente, es decir, se implementará la tecnología disponible en los videojuegos para el tratamiento de pacientes en el área de terapias respiratorias de salud.

Es por tanto que, este proyecto se puede describir como una innovación verdadera tanto en la tecnología de los videojuegos como en el área de la salud, esto, puesto que hoy en día, hay algunos pocos videojuegos disponibles en el mercado global que tengan como función principal tratar un problema respiratorio; pero que sin embargo, no se encuentran a disposición de los hospitales. Si bien, a través del tiempo se han desarrollado diferentes juegos que contribuyen a mejorar el soplo en niños como por ejemplo: sostener una bola de icopor en el aire a través de unos tubos de plásticos impulsados por el aire extraído de los pulmones, soplar por medio de un pitillo de plástico una esfera de tenis de mesa a través de un laberinto o pintar acuarelas y temperas soplando a través de un pitillo en planchas; no han sido juegos que se hayan llevado hasta el campo de la tecnología.

Es por lo anterior, que esta nueva invención de llevar la terapia respiratoria a través de la inspiración y espiración por medio del inspirómetro hasta el campo de los videojuegos, hará que esta sea aún más atractiva y sobre todo su efectividad y diagnóstico sea del ciento por ciento, esto, puesto que los volúmenes de respiración serán graficados en el juego, lo que permitirá el desarrollo y evolución del videojuego por medio de diferentes ejercicios para una recuperación pronta y satisfactoria del paciente desde casa.

Con el semillero se trazó una meta final, y es que el presente proyecto contribuya al sistema general, de manera que la mascarilla sea conectada a la boca y nariz del paciente, de ahí por medio de un cable o bluetooth se hará la transmisión de datos por medio de un microcontrolador hacia el dispositivo móvil celular, en el cual se refleja ya completamente el videojuego con todos los datos necesarios para su correcto funcionamiento. Es por tanto, que a continuación se realizará el

desarrollo del videojuego nombrado con el fin de contribuir con el macroproyecto sin embargo, cabe resaltar que los objetivos de los dos proyectos son distintos y que el presente tiene como alcance solo realizar el videojuego. Ver cuadro 1.0.



Cuadro 1.0: Diagrama de flujo general

A continuación de la introducción, se describe todo el planteamiento de problema, es decir, se analizan los orígenes del contexto actual que es de donde viene la creación de este proyecto en pro de la humanidad.

1.1. Planteamiento del Problema

En diciembre de 2019 se inició en Wuhan (China) una epidemia de neumonía asociada al coronavirus (SARS-CoV-2), la cual fue declarada como una pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 11 de marzo de 2020. La alta mortalidad de la infección viral está asociada con el desencadenamiento del síndrome de dificultad respiratoria aguda el cual está definido por un inicio agudo de edema pulmonar no cardiogénico, hipoxemia y la necesidad de ventilación mecánica [8] Aproximadamente el 30 % de las personas que superan el COVID-19 quedan con insuficiencia de capacidad pulmonar y por lo tanto requieren fisioterapia de re-expansión pulmonar [9]. Los procedimientos actuales para la realización de la fisioterapia requieren del acompañamiento de un fisioterapeuta y la evaluación del progreso del paciente de manera cualitativa a partir del desempeño en la fisioterapia local.

El COVID-19 ha demostrado tener una alta tasa de contagio, lo cual hace necesario que se realice un aislamiento del paciente y también del cuidado del personal de salud, esto, sin dejar de atender al paciente para su recuperación. Esta paradójica situación que se ha creado en el contexto global produjo la necesidad de diseñar un producto que pueda ser manejado de manera autónoma por el paciente desde casa y que a la vez, le permita la comunicación remota con el fisioterapeuta tanto para la prescripción de la fisioterapia como para la evaluación del desempeño a partir de datos que se tomen de la realización de la actividad de fisioterapia en tiempo real, es decir, con la implementación de este software en los pacientes que han pasado por la afectación del virus, se contribuirá de forma significativa en la recuperación a nivel pulmonar sin que haya una interrupción de las terapias como lo ocurre con las tradicionales por cuenta de los confinamientos y restricciones a la movilidad.

Adicionalmente, se requiere que el software contribuya a mejorar la efectividad de la fisioterapia basándonos exclusivamente en dos puntos: El primero, relacionado con la instrucción adecuada al paciente y la supervisión por parte de un profesional de salud sobre la ejecución de la fisioterapia (American Association for

Respiratory Care [AARC], 1991) [10]. Por lo cual, el producto debe contar con tecnología que apoye al fisioterapeuta de forma efectiva en el constante seguimiento y al paciente en la adecuada y correcta realización de la fisioterapia. Ahora bien, el segundo punto es incentivar la realización de la fisioterapia respiratoria para una pronta mejoría, lo cual puede ser implementado a través de estrategias de juego (gamificación) asociadas con dicha fisioterapia por medio de un videojuego.

El completo análisis del problema permite crear un panorama para la formulación del mismo, donde se tenga por objeto, subsanar todos y cada uno de los aspectos descritos anteriormente.

1.1.1. Formulación

¿Cómo desarrollar un prototipo funcional de un videojuego que contribuya a la realización de terapia respiratoria a través del uso de un inspirómetro?

Luego de conformar la formulación general del proyecto, se abordan todos los aspectos de la sistematización.

1.1.2. Sistematización

1. ¿Qué soluciones, estudios, investigaciones o prácticas utilizan videojuegos en terapias respiratorias?
2. ¿Cuáles son los aspectos fundamentales que conformarán el videojuego?
3. ¿Cómo sería el diseño del videojuego con el fin de suplir las necesidades propuestas por el semillero?
4. ¿Cómo se desarrollará el videojuego teniendo en cuenta las necesidades y objetivos del semillero?
5. ¿Cómo se probará la efectividad del sistema realizado?

Antes de continuar con el proyecto, se hace sumamente necesario conocer el objetivo general y los objetivos específicos, esto, puesto que estos trazaran nuestra hoja de ruta a lo largo de toda la investigación y desarrollo del proyecto.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Implementar un prototipo funcional de un videojuego que contribuya a la realización de fisioterapia respiratoria a través del inspirómetro con el apoyo de un equipo interdisciplinar conformado por el semillero Innovar para Servir.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Indagar sobre soluciones, estudios o prácticas que utilicen videojuegos en terapias respiratorias.
2. Definir aspectos fundamentales que conformarán el videojuego con la participación de los miembros del semillero.
3. Diseñar el videojuego con participación interdisciplinar.
4. Desarrollar el código del prototipo funcional.
5. Ejecutar pruebas con ayuda de simulaciones.

Partiendo de que la tecnología ha tenido un segundo “explotar” con la llegada de la pandemia ocasionada por el COVID 19 alrededor de todo el mundo, los videojuegos al ser parte fundamental de la misma no se han quedado atrás, y que mejor que esta oportunidad de relacionar este creciente mercado de los serious Games y la salud. Es, por tanto, que en la justificación del proyecto se ahondará en ello.

1.3. Justificación

Los juegos actualmente son más que una simple alternativa para divertirse ya que, durante los últimos años, los componentes, dinámicas y mecánicas de los juegos como: los logros, los puntos, las medallas, los niveles, los retos, los feedbacks, las tablas de puntos, las progresiones etc. Se han trasladado a la

educación ,el trabajo, el comercio y la salud. Este fenómeno llamado gamificación se conoce hoy formalmente como ludificación palabra que proviene según la real academia española de la lengua (RAE) [11] del anglicismo gamification que se define por Oxford como: “The application of typical elements of game playing (e.g. point scoring, competition with others, rules of play) to other areas of activity” [12] lo que en español se traduce como: “La aplicación de elementos típicos del juego (por ejemplo, puntuación de puntos, competencia con otros, reglas de juego) a otras áreas de actividad”. Algunos ejemplos de actividades que ya se realizan por medio de ludificación son: las pruebas psicotécnicas, las capacitaciones, los exámenes, las terapias físicas, la publicidad, la fidelización y la captación de clientes, etc. La razón según la neurociencia, se encuentra en que las tareas con estrategias de gamificación suelen ser: divertidas, interactivas, adictivas y gradualmente desafiantes por lo cual, se genera en las personas un aumento en: la motivación, la concentración, la atención, el aprendizaje, el rendimiento y la superación. Cabe decir que no es necesario crear un videojuego para tener una actividad gamificada ya que solo basta con trasladar elementos del juego a otras áreas. Pero para este proyecto en particular se quiere representar estas características a través de un videojuego.

En lo referente a juegos relacionados con la salud, a continuación se muestra un pequeño recorrido histórico. En el 2009 Nintendo lanzó al mercado el Wii Vitality Sensor un sensor que permite medir la frecuencia cardíaca del jugador, en el 2005 el pediSedate vendió un casco para disminuir la ansiedad cuando se va a ingresar un niño al quirófano. En el 2012 la Google Glass funcionó para que niños hospitalizados puedan recorrer museos de forma virtual también se utilizó para reducir la ansiedad en consultas odontológicas. Adicionalmente, en la actualidad hay videojuegos móviles para la prevención, la formación y el tratamiento de diferentes patologías como: el sida, el autismo, la diabetes y la obesidad.

Teniendo en cuenta, que ninguna persona está exenta de padecer coronavirus y quedar con secuelas este videojuego debe estar dirigido a personas de cualquier edad, con diferentes gustos y de cualquier sexo. Por ello, en esta parte se encuentra el reto de unificar las demandas de cada mercado por ejemplo: la tendencia por parte de la tercera edad a rechazar la tecnología, la habilidad de un niño para jugarlo, etc. Ahora bien, hay videojuegos como Candy Crush que son jugados por niños, adultos, y adultos mayores, esta es una oportunidad para identificar esos factores en común que hacen que el diseño del juego se dirija a cualquier tipo de población.

De manera general, las tecnologías permiten ampliar la cobertura de los servicios de salud y disminuir tanto la desigualdad en el acceso a esos servicios

como en los costos [13]. Algunos estudios reportan el uso de recursos de apoyo a la fisioterapia respiratoria con el uso de juegos y realidad virtual para mejorar la adherencia al tratamiento [14][15]. Por otra parte, La Organización Mundial de la Salud (OMS), declara la Telemedicina como "El suministro de servicios de atención sanitaria, por profesionales que apelan a las TIC para el intercambio de datos en actividades de diagnóstico, tratamiento, prevención y evaluación con el fin de mejorar la condición del paciente" [16]. La Telemedicina se compone de 4 tipos; Teleconsulta, Tele Educación, Tele monitoreo y la Telecirugía. Dentro de las ventajas de la Telemedicina se encuentran: el acceso e intercambio de información médica, el acceso a la prestación de los servicios de salud, el mejor acompañamiento al paciente por parte de los profesionales de salud, la optimización en los recursos hospitalarios y en los tiempos de recuperación, etc. Con base a lo anterior, se puede concluir que diseñar y construir un prototipo funcional de videojuego que favorecerá la recuperación funcional de los pacientes con secuelas pulmonares por COVID-19 es una propuesta interesante.

En tiempos tan difíciles como los vividos en la actualidad en nuestro país y en el mundo, se hace muy necesario el resguardar, proteger y garantizar un derecho fundamental en la vida de una persona, es así como se hace necesario el derecho a la dignidad humana, que se compone de tener un verdadero acceso y garantía de una adecuada asistencia médica en caso de requerir, con la inimaginable situación que ha vivido y está viviendo el mundo por cuenta de los estragos ocasionados por la pandemia, donde a nivel mundial se cuenta ya más de 168 millones de personas que han sido contagiadas por el virus y poco más de 3 millones y medio los casos de muertes que se han reportado (Datos extraídos para finales del mes de mayo) [17]. Teniendo en cuenta el panorama descrito, se ha puesto a la ciencia de la salud en marcha para encontrar una pronta cura a la afectación mortal del COVID 19 en afán de mantener aún el derecho a la dignidad humana para una vida saludable.

Al interior de la normativa dispuesta por el órgano legislativo de Colombia, la dignidad humana se encuentra descrita al interior de la cartilla de los Derechos a la Salud de la Defensoría del Pueblo, donde se describen los tres aspectos principales que la componen: [18]

1. Autonomía o la posibilidad de elegir su plan de vida para desarrollarlo libremente.
2. Existencia y garantía de condiciones físicas que le permitan a una persona establecer su autonomía.

3. No renuncia a los principios de integridad física o moral [18].

Por tanto, la falta total o parcial, por una u otra circunstancia de la prestación de salud donde se incluye las terapias respiratorias, podría ser asumida como una violación directa al derecho de la dignidad humana, esto, teniendo en cuenta que un ser humano con afectaciones en su salud, se le dificultaría seriamente la correcta ejecución del su plan de vida a cualquier edad.

Es así, como una vez se logre garantizar el derecho de la dignidad humana con respecto al suministro de la vacuna; habrá gente quien a pesar de haber recibido ya las dosis del fármaco en el pasado se hayan infectado con el virus y aun en el presente cuenten con secuelas o efectos a consecuencia del paso de esta infección destructiva por el cuerpo, tal es el caso de lo anteriormente descrito, donde según estudios se ha detectado una afección grave en los pulmones que limita la capacidad pulmonar de un paciente, afectado significativamente su nivel de vida, es por tanto que la creación de este nuevo software en pro de ayudar y alimentar de forma constate la recuperación de un paciente es un acto que contribuye a garantizar el derecho a la dignidad humana en el mayor sentido de la palabra. Es la oportunidad de brindarle al individuo el tratamiento por medio de una herramienta que mejorará un aspecto fundamental de la vida digna, la salud, y esto, lo podrá hacer desde la tranquilidad de su casa con el apoyo y guía de un fisioterapeuta, para así, recuperar su capacidad y nivel de vida.

Una vez superado el primer capítulo del proyecto, se involucra en hacer una revisión a la literatura científica que existe sobre el tema en el capítulo a continuación mostrado, donde se involucra el Marco de Referencia, Marco Teórico y Estado del Arte.

2.1. Marco de Referencia

2.1.1. Áreas Temáticas

Human-centered computing - Human computer interaction (HCI) - Interactive systems and tools.

Human computer interaction (HCI) - Interactive systems and tools - Human-centered computing - Human computer interaction (HCI) - Interaction paradigms - Graphical user interfaces.

Además de conocer el Marco de Referencia, se da a conocer en el Marco Teórico un completo análisis contemplativo acerca de los juegos serios, su creación, su evolución y como algunos de ellos están inmiscuidos en nuestras labores diarias.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Juego Serios

Desde hace muchos años los juegos de mesa, juegos didácticos o los simples juegos caseros no solo han estado destinados al entrenamiento o a ocupar los momentos de ocio; sino también han sido muy útiles para el aprendizaje y práctica de las diferentes áreas de la vida cotidiana, tal es el caso que en 1760 el rey Jorge III de Reino Unido ingenio un juego casero de recortes con el cual enseñaba la geografía del mundo a sus 15 hijos. Tan solo 10 años más tarde, en 1770, también en Reino Unido, surgiría una serie de muñecos hechos con telas y rellenos de trapos para la práctica de atención a cesáreas, se estima que este denominado juego

didáctico contribuye significativamente en el adiestramiento de quienes en ese entonces se consideraban como parteras, mujeres quienes se dedicaban a atender partos en la época [19].

Con el pasar de los años y la llegada del mundo de la tecnología, los juegos antes manuales, ahora se digitalizaban y ocupaban los mayores espacios al interior del entrenamiento, pero no pasaría mucho tiempo hasta que los desarrolladores de los videojuegos lograran crear una nueva generación de los mismos, eran los nuevos juegos de forma digital pero los cuales tenían un propósito más allá del simple hecho de entretener y ser divertidos para su jugadores, eran videojuegos capaces de contribuir al bienestar, progreso y desarrollo de la humanidad desde las diferentes áreas: arquitectura y planeación urbana (Ejemplo: City Skylines) banca y creación de empresas (Ejemplo: Virtonomics), estrategia militar (Ejemplo: Close Combat), salud (Ejemplo: MalariaStop) , Simulación y transporte (Ejemplo: Bus Simulator y Microsoft Flight Simulator), ciencia (Ejemplo: Cerebriti) y digitalización de texto clases en bibliotecas (Ejemplo: Starball) los cuales se los denominó como juegos serios y quienes están clasificados de acuerdo a su creación y beneficio en [19]:

E-learning: La primera categoría de los llamados juegos serios es E-learning, este consiste únicamente en transportar una situación de la vida real la cual se busca aprender a la digitalización en el videojuego. Al ser el primer paso de la digitalización en un juego, la interacción con respecto al juego y lo que se quiere aprender es muy reducida. Un ejemplo de esta categoría es Triskelion, un juego capaz de involucrar al personaje en una completa aventura alrededor del mundo en busca de la felicidad sin descuidar las actividades de la vida cotidiana [19].

Gamificación: Lo que hoy se conoce como Gamificación es usar los videojuegos en áreas que no tienen nada que ver con el tema, es la implementación de técnicas y aspectos de juegos en entornos reales. Un claro ejemplo de ello son las barras de progreso y logros alcanzados en el interior de un curso virtual de educación o una aplicación para citas [19]

Serious Games: Finalmente, se encuentran los Serious Games, videojuegos que han sido pensados y desarrollados desde el principio hasta el fin con el único objetivo de aprender o brindar una herramienta a la sociedad. Un ejemplo de ello es el juego MalariaSpot, juego que fue creado debido a la escasez de fondos económicos médicos para la contratación de personal de salud con el fin de diagnosticar la malaria en países de bajos recursos, de este modo, el videojuego MalariaSpot, el cual es jugado por millones de personas alrededor del mundo, permite al jugador por medio de una serie de preguntas y pequeños datos diagnosticar verdaderos casos de malaria en tiempo real [20].

Lejos de ser unos videojuegos tradicionales, los juegos serios o Serious Games han destacado por contribuir enormemente en el área de la salud, esto, puesto que su estructuración está basada en la generación de un aprendizaje por medio de las repeticiones de patrones. El cerebro al ser un órgano capaz de recluir y almacenar movimientos que han sido repetitivos a lo largo de un período los terminará codificando y ejecutándose de forma involuntaria, tal es el caso que produciría este innovador software donde al interior del videojuego el paciente cursante del tratamiento podría desarrollar un patrón de aprendizaje que le permitirá, tanto dentro como fuera del juego, seguir teniendo esos mismos patrones de movimiento de amplitud de los niveles de capacidad de inspiración espiración pulmonar, es decir, por medio del juego el paciente también podrá desarrollar un hábito por el cual el aprendizaje de patrones y repeticiones involuntarias le podrán contribuir a su recuperación cuando se encuentre por fuera del juego. La operación y el desarrollo del mismo será tal cual como un videojuego, tanto así, que como todo buen videojuego al final del mismo se obtendrá un premio, el cual es la plena satisfacción de haber recuperado su salud pulmonar.

Los Serious Games llegaron a todos los campos de la vida cotidiana para quedarse y están dejando una huella invaluable en el progreso, atención y recuperación en el área de la salud de la mano con la tecnología.

Es justo aquí, donde se dará el primer paso hacia el camino de entrelazar la tecnología por medio de los videojuegos y la salud, esto se hará conociendo un poco más acerca de la rehabilitación respiratoria.

Rehabilitación respiratoria.

La Rehabilitación respiratoria (RR), resulta una práctica médica que ha tomado importancia apoyada en evidencias de corte científico como lo son los estudios realizados, dotados de validez y resultados. Los conocimientos de los efectos sistematizados de enfermedades respiratorias como la insuficiencia respiratoria, la bronquitis aguda, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), entre otras enfermedades que pueden ser crónicas, han permitido el entendimiento de los campos inducidos por los procesos de rehabilitación respiratoria.

Para tener un contexto global más claro y de acuerdo al Convenio 519 de 2015, “Intervenciones para un programa de rehabilitación pulmonar”, en Colombia los programas de rehabilitación respiratoria se dan desde 1996, han sido numerosos los estudios de investigación sobre la capacidad de ejercitarse y darle calidad de vida a los enfermos respiratorios crónicos. En la actualidad existen numerosos programas de rehabilitación respiratoria en Colombia, sustentadas estas en guías internacionales que se fundan sobre técnicas médicas complicadas. En ciertos establecimientos clínicos

que cuentan con centros de cuidado respiratorio integral perfeccionan sus servicios con un programa de rehabilitación pulmonar. [21]

La rehabilitación respiratoria ha tenido múltiples definiciones, empero la más reciente definición nos dice que es una, “intervención integral, basada en la evaluación exhaustiva del paciente, seguida de terapias realizadas a la medida de sus requerimientos, que incluyen, pero no se limitan a, entrenamiento físico, educación y modificación de hábitos, diseñadas para mejorar el estado físico y psicológico de personas con ERC y promover su adherencia a largo plazo a hábitos saludables” [22]

El programa de rehabilitación pulmonar cuenta con una serie de objetivos a alcanzar, estos claro están, de acuerdo al compromiso somático del paciente, los cuales serán expuestos a continuación:

- Disminuir los síntomas respiratorios, como la disnea (grado de recomendación A)
- Lograr en el paciente la mayor capacidad funcional por medio de conseguir una mejor tolerancia posible al ejercicio (grado de recomendación A) permitiéndole reintegrarse a sus actividades familiares y sociales.
- Optimizar su autonomía e incrementar su participación en las actividades de la vida diaria, mejorando la calidad de vida del paciente (grado de recomendación A)
- Optimizar la utilización de los recursos en salud al disminuir los costos (grado de recomendación A) generados por múltiples ingresos hospitalarios, hospitalizaciones prolongadas y utilización inadecuada de recursos médicos. [21]

La rehabilitación pulmonar, cuenta con una serie de beneficios, los cuales de acuerdo al Convenio 519 de 2015 han sido estudiados a cabalidad y se pueden determinar con la recolección de información existente que los beneficios son los siguientes:

- Reducción de los síntomas, específicamente la disnea (recomendación A)
- Mejoría de la capacidad funcional para el ejercicio físico (recomendación A)
- Mejoría del estado de salud y de la calidad de vida (recomendación A)
- Disminución del número de hospitalizaciones y de la estancia hospitalaria (recomendación A)
- Mejoría de la sobrevida (recomendación A) [21]

Sucesivamente para ser más explicativos, se expondrán dos tablas donde se describen los niveles de evidencia y los grados de recomendación, según lo puntualizado en las Guías Basadas en la Evidencia publicadas por la Sociedad Británica del tórax British (BTS-por sus siglas en inglés) en el 2013 [23] y el documento de consenso de la Sociedad Americana del tórax (ATS-por sus siglas en inglés) y la Sociedad Europea de Neumología (ERS- por sus siglas en inglés). [24]

Serán usados para definir los grados recomendados, fundados en evidencia científica de las intervenciones realizadas en un programa de rehabilitación pulmonar referido. (ver figura 2.1 y 2.2)

GRADO	EVIDENCIA
1 ++	Meta-análisis de alta calidad, revisiones sistemáticas de ensayos controlados (ECA), o ECA con un riesgo muy bajo de sesgo.
1+	Meta-análisis bien realizados, revisiones sistemáticas de ECA, o ECA con un bajo riesgo de sesgo
1-	Meta-análisis, revisiones sistemáticas de ECA, o ECA con un alto riesgo de parcialidad
2 ++	Revisiones sistemáticas de alta calidad estudios de casos y controles o de cohortes de alta calidad con un riesgo muy bajo de confusión, sesgo o azar y una alta probabilidad de que la relación es causal.
2 +	Estudio de casos control o de cohortes bien llevado con un riesgo bajo de confusión, sesgo o azar y una probabilidad moderada de establecer una relación causal.
2-	Estudios de casos control y de cohortes con un alto riesgo de confusión, sesgo y oportunidad de un riesgo significativo que la relación no sea causal.
3	Estudios no analíticos, por ejemplo, los informes de casos, series de casos.
4	Opinión de expertos.

Figura 2.1: Niveles de evidencia [21]

GRADO	EVIDENCIA
A	Al menos un meta-análisis, revisión sistemática o controles aleatorios aleatorios (ECA) clasificados como 1 ++ y directamente aplicable a la población de estudio. Una revisión sistemática de ECA o un conjunto de pruebas que consiste principalmente por estudios clasificados como 1+ directamente aplicable a la población de estudio y que demuestren consistencia global en los resultados
B	Un volumen de evidencia compuesta por estudios clasificados como 2 ++ directamente aplicables a la población de estudio y que demuestren consistencia global en los resultados o Evidencia extrapolada de estudios clasificados como 1 ++ o 1+
C	Un volumen de evidencia compuesta por estudios clasificados como 2+ directamente aplicables a la población de estudio y que demuestren consistencia global en los resultados o Evidencia extrapolada de estudios clasificados como 2 ++
D	Nivel de evidencia 3 o 4 evidencia extrapolada de estudios de nivel 2+
√	Importantes puntos prácticos para los que no hay evidencia de la investigación, ni es probable que haya ninguna evidencia de la investigación. El comité directriz desea hacer hincapié en estos puntos como una buena práctica

Figura 2.2: Grados de recomendación [21]

La Rehabilitación respiratoria debe formar parte de un tratamiento individualizado del paciente, dirigido a reducir los síntomas, optimizar la capacidad funcional, incrementar la participación y reducir los costos sanitarios a través de la estabilización o reversión de las manifestaciones sistémicas de la enfermedad. Los programas de Rehabilitación respiratoria deben contemplar la evaluación del paciente, el entrenamiento al ejercicio, la educación (que incluye la fisioterapia), la intervención nutricional y el apoyo psicosocial [25].

Luego de conocer un visión general basada netamente en el campo de la salud sobre la rehabilitación respiratoria, se observa como la fisioterapia respiratoria es un vehículo obligado para llegar a una óptima recuperación.

Fisioterapia respiratoria.

La Fisioterapia respiratoria es uno de los componentes de un proceso de rehabilitación respiratoria, encargado de mejorar la ventilación regional, el intercambio de gases, la función de los músculos respiratorios, la disnea, la tolerancia al ejercicio y la calidad de vida relacionada con la salud [25]. En general las técnicas de fisioterapia respiratoria se basan en mejorar el aclaramiento mucociliar y optimizar la función respiratoria [25].

La fisioterapia respiratoria tiene muchos campos de actuación, pero es poca la evidencia científica que existe actualmente sobre los beneficios o riesgos que estas técnicas de fisioterapia tienen en el marco COVID-19. La SEPAR (sociedad española de neumología y cirugía torácica), se focaliza en entrever la evidencia existente para el manejo de pacientes con COVID-19, con discernimiento de las cuatro fases características de la enfermedad: confinamiento, ingreso hospitalario, agudización o periodo crítico, y la fase de recuperación y alta hospitalaria. [26]

Los propósitos generales de la fisioterapia respiratoria son:

- Mejorar la sensación de disnea
- Reducir las complicaciones
- Preservar la función pulmonar
- Prevenir y mejorar la disfunción y la discapacidad
- Mejorar la calidad de vida, ansiedad y depresión [26]

Seguidamente, se tocarán las cinco fases características de la enfermedad, en primer lugar está la fase del confinamiento, en esta fase se identifican los pacientes con síntomas tenues que pasarán un periodo de 40 días en sus domicilios. Es importante mencionar que no se ha evidenciado que los procedimientos fisioterapéuticos den una mejoría en los principales síntomas del virus del COVID-19, que son la fiebre, la fatiga generalizada, dolor muscular, tos seca y síntomas adicionales. En la fase del confinamiento al ser un episodio corto, llevaría a pensar que los síntomas no tienen secuelas subsiguientes que requieran una intervención de fisioterapia respiratoria. [26]

En esta fase, el uso de aparatos auxiliares son considerados de alto riesgo debido

a que expanden microgotas lo cual aumenta los riesgos de transmisión, estos aparatos como se han denominado, son métodos que buscan modificar los patrones respiratorios, no obstante, no justifica el riesgo de multiplicación de la enfermedad. Con lo anterior, el uso de estos métodos resultan útiles en entornos donde existen síntomas respiratorios como la disnea [26]

Las sugerencias generales son:

- Evitar largos períodos de sedestación o inmovilidad
- Realizar ejercicio físico a diario (la intensidad y el volumen dependerá de la sensación de disnea, y estará contraindicado si el paciente tiene fiebre)
- Coordinar la respiración con los ejercicios realizados
- Favorecer una buena hidratación [26]

La segunda fase es el ingreso hospitalario, las técnicas en este contexto se estiman de alto riesgo por la generación de microgotas, estos instrumentos como lo son, las técnicas de incremento del flujo espiratorio activas o asistidas, dispositivos de presión espiratoria positiva, entrenamiento de la musculatura respiratoria, insufladores y insufladores mecánicos como el Cough Assist, dispositivos oscilantes de alta frecuencia, instilación o nebulización de suero fisiológico o hipertónico, y demás terapias induzcan la tos. [26]

La fisioterapia en esta fase de ingreso hospitalario logra disminuir los efectos negativos en periodos largos de la enfermedad, esto gracias a los ejercicios que encaminados a fortalecer la musculatura periférica, los cambios de posición y las actividades físicas diarias, a su vez monitorizar la saturación del oxígeno por pulsioximetría a (SpO₂), para hacer valedero la seguridad durante la intervención, todo ello a distancia, como lo serían por medio de monitores cuya señal se recibe en las salas de control. [27][28]

La tercera fase es el periodo crítico, en ella casi que por completo las técnicas que se utilizan por parte de los fisioterapeutas en las unidades de cuidados intensivos (UCI), catalogados como de alto riesgo porque generan microgotas. Se diferenciarán a continuación dos niveles de riesgo con procedimientos ordenados de acuerdo al riesgo de transmisión vírica:

- Los procedimientos de bajo riesgo y, por lo tanto, que no generan aerosoles son: la colocación del tubo de Guedel y mascarilla facial de oxigenación con filtro espiratorio, la compresión torácica, desfibrilación, cardioversión, colocación de marcapasos transcutáneo, inserción de vía venosa o arterial, administración de fármacos o fluidos intravenosos.

- Los procedimientos de alto riesgo de transmisión vírica son: aspiraciones de secreciones respiratorias, aerosolterapia, gafas nasales de alto flujo, toma de muestras respiratorias del tracto respiratorio inferior, lavado broncoalveolar, oxigenoterapia de alto flujo, ventilación manual con mascarilla, ventilación mecánica no invasiva (CPAP, BiPAP), intubación, ventilación mecánica, realización de traqueostomía, broncoscopia, gastroscopia o resucitación cardiopulmonar. En estas maniobras será esencial asegurar el uso de los equipos de protección y la presencia del personal mínimo e imprescindible para reducir riesgos y optimizar los recursos materiales. [29]

Además, se han demostrado que algunas técnicas para minimizar los riesgos que habían sido empleadas en otras situaciones de contagios similares, han sido valederas, como son: [29]

- La aspiración mediante sistemas cerrados.
- Emplear el uso de cámaras espaciadoras y cartuchos presurizados (PMDI) para aerosolterapia.
- En la ventilación mecánica no invasiva (VMNI) asegurar el sellado adecuado de la interfase, doble tubuladura y filtros de alta eficacia.
- En la ventilación manual con mascarilla y bolsa autoinflable, utilizar filtro de alta eficiencia que impida la contaminación vírica, entre la bolsa autoinflable y la mascarilla, sin hiperventilar y evitando fugas, si así se precisa.
- En la ventilación mecánica invasiva (VMI), se pondrán los filtros de alta eficacia que impidan la contaminación vírica tanto en la rama inspiratoria como en la espiratoria, con filtro pasivo de alta eficacia que impida la contaminación vírica, en vez de humidificación activa, y se intentará evitar al máximo las desconexiones del ventilador.
- En la resucitación cardiopulmonar, se recomienda la intubación precoz para manejo de vía aérea.

Desde el área de la tecnología, hay que emprender los primeros pasos conociendo la interacción humano computador; el Framework: la cual es la estructura del software indispensable para la creación de este proyecto por medio del lenguaje de programación denominado C#

Interacción humano-computador (HCI).

La interacción humano-computador, reúne las ciencias sociales y de comportamiento por un lado, y las tecnologías de computación y de la información por el otro. Se preocupa por entender cómo las personas hacen uso de dispositivos y sistemas embebidos y cómo esos dispositivos pueden llegar a ser más útiles y beneficiosos [30].

Framework.

Se refiere a una estructura software compuesta de componentes personalizables e intercambiables para el desarrollo de una aplicación. Un Framework se considera una aplicación genérica incompleta y configurable a la que podemos añadir las últimas piezas para construir una aplicación concreta. Sus objetivos son acelerar el proceso de desarrollo, reutilizar código ya existente y promover buenas prácticas de desarrollo como el uso de patrones [31].

C#.

Es un lenguaje de programación moderno, orientado a objetos y con seguridad de tipos. Además permite a los desarrolladores crear muchos tipos de aplicaciones seguras y sólidas que se ejecutan en el ecosistema .NET. C# tiene sus raíces en la familia de lenguajes C y será inmediatamente familiar para los programadores de C, C++, Java y JavaScript [32].

El complemento justo de este proyecto se hará al unir la tecnología y la salud, es por tanto que a continuación se hace referencia a la herramienta de salud denominada como inspirómetro. Herramienta indispensable para el desarrollo de nuestro proyecto.

Inspirómetro.

El inspirómetro es una herramienta de salud basada en un sistema incentivo respiratorio para la reexpansión pulmonar de pacientes que requieren terapia respiratoria. Alrededor de año 1846, con la gran expansión que había tenido la infección respiratoria de la Tuberculosis por toda Europa, nace en manos del cirujano inglés John Hutchinson, un dispositivo que estaba conformado por una campana

calibrada sellada de agua, la cual permitía recoger el volumen de aire espirado después de una inspiración máxima, proceso que era dibujado por medio de un diagrama [33]. Ver figura 2.3 Dispositivo que después sería mundialmente conocido como el primer inspirómetro construido.

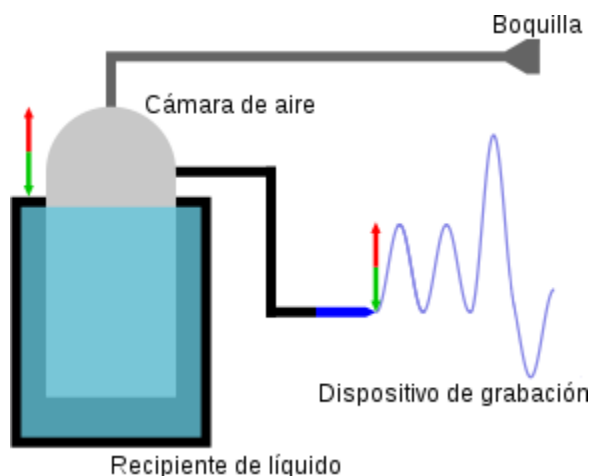


Figura 2.3: Inspirometro [34]

Esta invención fue de gran ayuda para identificar plenamente la afectación pulmonar de aquellos pacientes que habían pasado o estaban pasando por la infección de la tuberculosis o que incluso, había tenido una gran afección pulmonar debido a su trabajo cotidiano, tal era el caso de los trabajadores en las minas de carbón, mineral rocoso muy importante para la época en la generación de energía y fuerza.

Con el pasar de los años y los buenos resultados que presentaba el espirómetro, este fue evolucionando hasta conocer la herramienta de medición y estimulación respiratoria que conocemos hoy Ver figura 2.4 y 2.5. Herramienta que ha servido en aquellos que han pasado por un proceso de recuperación del COVID19. Este sistema permite al fisioterapeuta realizar un seguimiento del estado de evolución del paciente frente a la terapia y orientar al paciente para desarrollarla en ausencia del fisioterapeuta [35], se da una mayor autonomía y fortalecimiento al paciente en su proceso de recuperación.



Figura 2.4: Partes de un inspiriometro [36]

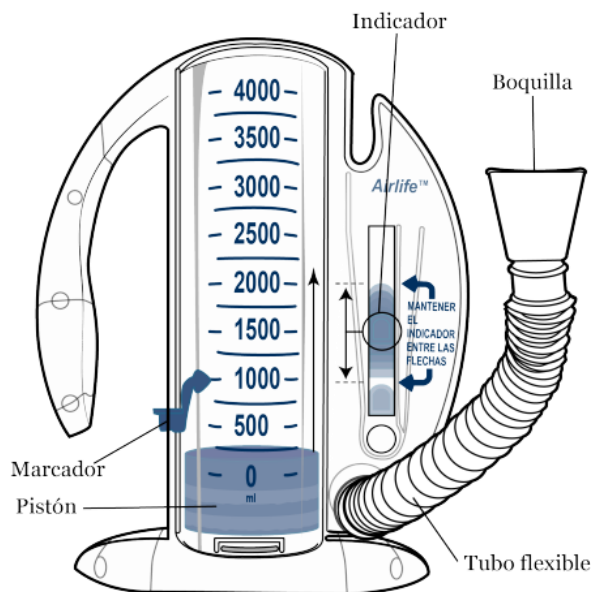


Figura 2.5: Cómo utilizar un Inspirómetro [37]

El inspirómetro moderno funciona por medio de un mecanismo muy sencillo: En un extremo del dispositivo se encuentra una boquilla conectada al fondo de los tubos de plástico donde se encuentran con una pelota plástica, muy similar a las pelotas de

ping pong, el paciente al realizar su expiración permite que con el aire que se comprime al entrar las esferas de plástico empiece a subir de nivel. El dispositivo cuenta con 3 tubos de plástico y 3 esferas plásticas en su interior, de acuerdo con la altura y al número de esferas que se logre elevar en la prueba podrá ser catalogada su capacidad y fuerza pulmonar. Ver figura 2.6.



Figura 2.6: Inspirometro en la actualidad [38]

A continuación, se aprecian algunos casos de afectación pulmonar causadas por enfermedades, actividades laborales y el natural paso de la edad, donde en muchos de estos pacientes se logró observar una pequeña mejoría en su salud gracias a algunos videojuegos. Videojuegos que a pesar de que no fueron creados con ese propósito; hoy en día son usados para este fin con una leve mejoría. [39]

2.2.2. Trabajos Relacionados

Desde siglos pasados la afección pulmonar en el ser humano ha sido una de las afectaciones a la salud más comunes, esto, puesto que dicho problema en la salud se ha logrado desarrollar debido a números factores que pueden afectar al individuo, uno de ellos fue en el pasado la agresiva tuberculosis, la cual se caracteriza por causar una

gran afectación en el tejido de los pulmones, disminuyendo drásticamente su correcto nivel de funcionamiento y generando malformaciones de por vida. Una de las segundas causas a destacar que en el pasado afectaron a los pulmones fue la labor cotidiana de los trabajadores en aquellas minas de carbón, donde el gas y el polvo generado por el proceso de extracción del mismo lograba generar una afectación a largo plazo de la capacidad pulmonar. [40]

Finalmente, una última causa de las afecciones en los pulmones fue atribuida al consumo excesivo del cigarrillo, cabe aclarar que para ese entonces —siglo XIX— la fabricación del cigarro no contaba ni con un filtro, ni con la evidencia científica que demostrará el daño causado por el mismo. Años más tarde se evidenciaría que el consumo del cigarrillo desarrollaría una enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) [41].

Con el anterior panorama descrito para el siglo XIX, el cirujano John Hutchinson, quien a mediados del año de 1846, crearía la primera versión del inspirómetro, un dispositivo que estaba conformado por una campana calibrada sellada de agua, la cual permitía recoger el volumen de aire espirado después de una inspiración máxima. [40].

Con la llegada de la pandemia ocasionada por el COVID 19 a finales del año 2019, y que hoy, a corte del mes de mayo del año 2021, deja un saldo de 168 millones de personas que han sido contagiados por el virus y poco más de 3 millones y medio de muertos en todo el mundo (Datos extraídos para finales del mes de mayo) [42]. Donde se estima que hay un total de poco más de 164 millones de personas recuperadas en apenas 1 año y medio desde la propagación del virus. De estos 164 millones de pacientes que han pasado por la afectación del virus Sars-Cov 2, un número muy significativo, puesto que se estima que aproximadamente el 30 % de estas personas han mostrado una notable insuficiencia de capacidad pulmonar, fatiga, casación, entre otras afectaciones pulmonares. [6]

Es así, como todo el mundo científico encaminado a la salud se ha dedicado al pleno estudio, el cual aún es incierto, sobre qué tan graves son estas afectaciones pulmonares y si estarán presentes en el órgano respiratorio del paciente ya recuperado en el mediano o en el largo plazo. Es por esto que, hasta el momento tan solo se ha recomendado como única alternativa tomar terapias respiratorias en centro hospitalarios en manos del personal especializado como lo son los fisioterapeutas. Ejercicios especializados que requerían de un conocimiento teórico, apoyo profesional

y la práctica en instrumentos terapéuticos no disponibles en el hogar, tales como las herramientas fisioterapéuticas que generen ultrasonidos y vibraciones que permitan que las flemas se despeguen de las paredes pulmonares y se estimulan los músculos respiratorios para la total expansión pulmonar y así generar un correcto respirar [43], ejercicios sumamente efectivos pero los cuales se van disminuidos en su eficiencia por la no continuidad del proceso, puesto que los altos picos, la gran ocupación de hospitales y la restricción total de movilidad han impedido que los pacientes que requieren de terapias tengan acceso a ella.

A pesar de que se han creado diferentes terapias respiratorias desde casa; no cuentan con el mismo grado de efectividad y contribución al proceso de recuperación como lo harían aquellos ejercicios terapéuticos que tienen lugar en un centro hospitalario, pero con la afectación de la continuidad por la restricción a la movilidad se hace imposible acudir a ellas; es por tanto, que el proyecto mostrado aquí es una alternativa a que esa efectividad y a esa gran contribución al proceso de recuperación de una paciente se puede trasladar desde el centro hospitalarios hasta la comodidad de la casa por medio de la tecnología, esto, teniendo en cuenta la situación de confinamiento que aún persevera en el mundo y aumentando el incentivo de la diversión y el aprendizaje de patrones que brinda el videojuego.

De igual modo, vale la pena resaltar que, desde hace poco tiempo atrás, y con el gran apogeo de los videojuegos en época de confinamiento por pandemia [44], se ha dejado de observar el videojuego como una creación netamente para el mercado del entretenimiento y tecnología de diversión; por el contrario, los creadores de la tecnología del videojuego han innovado y han puesto su empeño en el creciente y muy próspero aspecto de los Serious Games a favor de la humanidad, en este caso a favor de la salud en medio de una urgencia sanitaria que urge de la intervención y el esfuerzo de todos.

Es así como hoy en día, el simple término de videojuego, demarca una gran aceptación por la sociedad, tanto así, que en una investigación reciente se logró comprobar que semanalmente la población en general destina entre más de una 1 hora y más de 8 horas de su tiempo libre para jugar a los videojuegos. La tasa de muestra fue realizada en un público de 108 personas. [45]. Ver figura 2.7.

Tiempo dedicado a los videojuegos

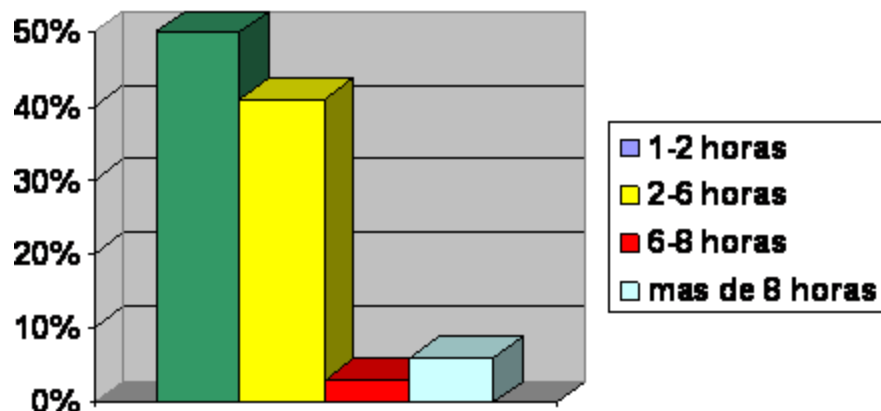
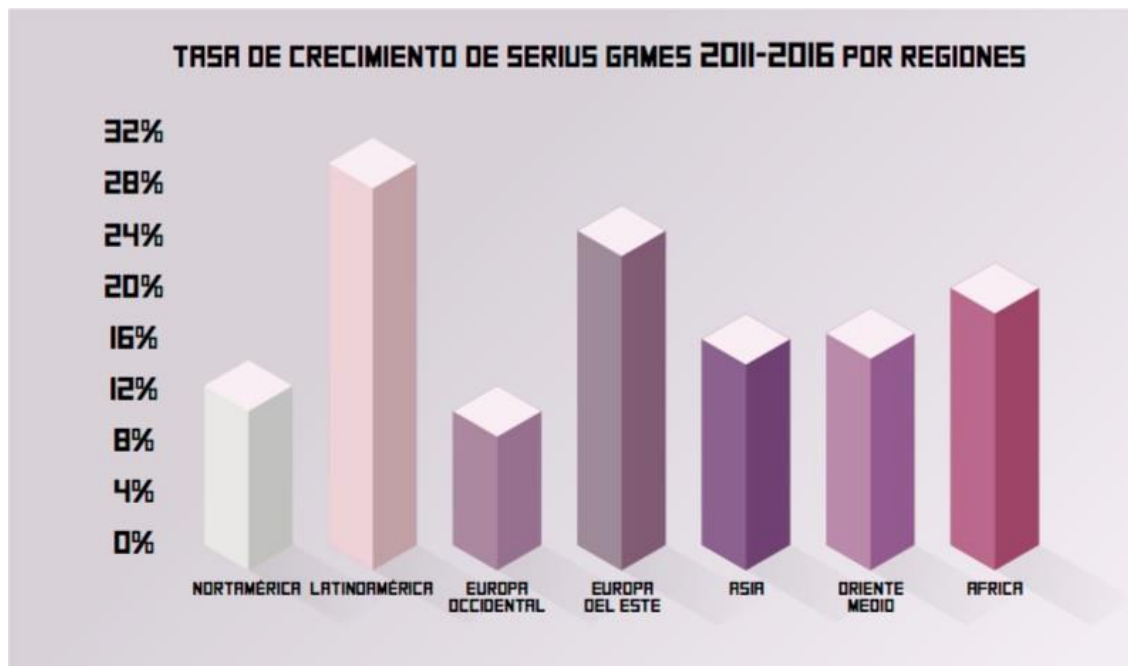


Figura 2.7: La gráfica muestra la cantidad de tiempo que un grupo de 108 personas dedican a los videojuegos en una semana. [45].

Es por lo anterior, que el nuevo campo de los Serious Games ha crecido significativamente a nivel mundial, ver Gráfica 2.8. Esto, solidificado en que esta nueva era de los videojuegos se ha basado en una mayor interacción social y la estimulación a la colaboración con el prójimo en la ayuda de sus necesidades [46]. Factor que ha dado un gran despegue a esta nueva generación de tecnología con el propósito de ayudar a brindar un servicio a la humanidad que va más allá de un simple entretenimiento. Es así, como en el periodo comprendido entre 2011 y 2016, es decir, en apenas 5 años, los llamados juegos serios han tenido un crecimiento del 32% en Latinoamérica, siendo esta la región con mayor crecimiento global para esa época. Ver figura 2.8.



Fuente: Ambient Insight

Figura 2.8: Gráfica de la tasa de crecimiento de los Serious Games entre 2011 y 2016 por Regiones [47].

Los datos y gráficas anteriormente descritas han permitido sustentar la creación y el crecimiento de videojuegos serios a nivel mundial en el área de la salud con buenos resultados, así lo indica el estudio realizado por el doctor Luis Fernando Luque [48], quien asegura que la gamificación en algunos aspectos de la salud ha mostrado obtener resultados mucho más favorables que los dados por los métodos tradicionales, esto se debe a que por medio de dicha práctica se logra involucrar totalmente al paciente al interior de cada proceso de recuperación o diagnóstico. Es, por tanto, que desde hace algún tiempo atrás se han destacado diversos videojuegos en el campo de la salud en general, donde se encuentran por ejemplo: ArmAssist, destinado a evitar la degeneración muscular; el Tetris con un enfoque a mejorar el denominado síndrome de ojo vago y Diferentes juegos de estrategia como StarCraft y Civilization VI, los cuales han mostrado generar gran ayuda en aspectos como la orientación espacial, la formación de memoria y la planificación de estrategias en pacientes con esquizofrenia, estrés postraumático y síndrome de Alzheimer. Dentro de estos Serious Games de la salud a nivel general destaca resaltar:

Gomins: Encargado de brindar un completo análisis por medio de un informe

acerca de la salud mental de los niños, el videojuego que contó con el mejor premio en el II Congreso Nacional de Juegos de Salud en España en 2015 [49], consiste en involucrar al jugador en una aventura espacial, donde a lo largo del juego se logra evaluar aspectos como la impulsividad, el autocontrol y el reconocimiento y ritmo de las emociones. [50].

TDAH Trainer: Un juego bastante atractivo e innovador en el apoyo al tratamiento y diagnóstico del trastorno por déficit de atención o hiperactividad (TDAH), puesto que, por medio de una simulación virtual, tanto para niños como para adultos, el paciente es puesto en entornos tales como un aula de clases, donde a lo largo de la práctica de acciones cotidianas en el lugar descrito el jugador enfrenta un sin número de distracciones auditivas y visuales. Al final del tiempo, el simulador medirá el nivel alcanzado de acuerdo con las distracciones que el jugador haya tenido [51].

Así como los 2 juegos descritos anteriormente dejan en claro la importancia de los mismos y el gran impulso que han tenido los Serious Games en el área de la salud, también se han desarrollado y se han adaptado juegos para el tratamiento de pacientes que requieren terapias de capacidad pulmonar; a pesar de que estos no han demostrado resultados significativos, puesto que desde un inicio fueron creados con una intención diferente, tal es el caso de:

VirtualReHab: Un videojuego destinado para computadores el cual crea una herramienta para la rehabilitación de pacientes con algún tipo de discapacidad física, ya sea por accidentes, enfermedades degenerativas, consecuencias de traumas, enfermedades neuromusculares e incluso, ha sido también empleada en la estimulación y prevención para no perder la movilidad en población de la tercera edad [48][50].

Este videojuego se encarga de proporcionar una realidad virtual al paciente que estimula la realización de ejercicios personalizados simples por medio de una cámara y un sensor de movimientos que reconocen al tratante y marcan su desarrollo y evolución en el monitor. El videojuego VirtualReHab a pesar de no estar destinado para el mejoramiento de la capacidad pulmonar, pacientes que han sido tratados por medio de esta herramienta han afirmado sentir un cambio en su respiración, esto debido a que el videojuego consta de una fuerte actividad física. [50].



Figura 2.9: Realidad virtual del juego VirtualReHab [52].

Juegos de Nintendo Wii: Con el lanzamiento de la consola de Nintendo Wii interactiva de hace algunos años, se separó al jugador del control del videojuego tradicional y de su posición de descanso en un asiento para transformarlo en consola capaz de brindar videojuegos interactivos por medio de la actividad física. El resultado de ello fue, según lo demuestra un estudio elaborado en España y Brasil, que algunos juegos de la consola causan una leve mejoría en pacientes con deficiencia en la capacidad pulmonar [53].; esto, a pesar de que el desarrollo de estos videojuegos y la consola jamás estuvo pensando en ello. Ver figura 2.10.

Es así, como el Nintendo Wii es una de las herramientas empleadas para el tratamiento de la fibrosis quística en hospitales, así descrito en “**Active video games as an exercise tool for children with cystic fibrosis. [55]**”. En esta investigación los niños con fibrosis quística fueron reclutados en clínicas ambulatorias en los hospitales de Dublín para evaluar: el consumo de oxígeno, los equivalentes metabólicos calculados a partir del O₂ en reposo y la frecuencia cardíaca, estos se midieron mientras utilizaban el Nintendo Wii para jugar videojuegos como Sports Boxing y Nintendo Wii Fit Free Jogging utilizando un calorímetro indirecto portátil.[55]

Las diferentes consolas que se encuentran hoy en el mercado como el Wii, xbox y kinect, son una herramienta de gran ayuda para el tratamiento de la fibrosis ya que los indicadores mostraron una mejora significativa en los pacientes que padecen esta enfermedad e hicieron uso de dispositivos electrónicos como se indicó en la investigación. Es por tanto, que los resultados fueron evaluados con una muestra estadística de 60 niños que quisieron participar, estos se dividen en dos grupos unos con FQ y otros sin FQ. Posteriormente, se cruzaban en una tabla estos dos grupos con respecto a su edad, masa, altura, entre otras. Finalmente, a estos primeros resultados

se modela una segunda tabla donde se arrojan los resultados de la participación de los niños en los diferentes videojuegos (6MWT, Boxing, Jogging) y se cruzan con los datos sobre su actividad en el juego, latidos por minuto, consumo de oxígeno entre otras, es decir, se logra determinar que los videojuegos activos son una fuente útil de actividad física de intensidad leve a moderada en niños con fibrosis quística y les permite mejorar su actividad respiratoria.[55]



Figura 2.10: Grupos de la tercera edad jugando Nintendo Wii [54].

Bolsa de Respiración y globo de aire: Por otro lado también se han empleado para la mejora de la capacidad pulmonar los diversos ejercicios de respiración de las conocidas como “bolsas de pánico” y el ejercicio de inflar y desinflar un globo de goma, aquellos usados como decoración en fiestas infantiles, como modo de terapia respiratoria; el resultado de ello, datos no tan alentadores debido a la poca ayuda que estos elementos brindan por la no conexión a una fuente tecnológica que enriquezca sus funciones y por tanto su resultado.

Luego de ahondar por el mundo de los Serious Games relacionado con temas de salud, también vale la pena rescatar la aplicación descrita en “ **Using a Mobile Game Application to Monitor Well-Being Data for Patients with Cystic Fibrosis.[39]**, dónde por medio de mensajes de textos (SMS) se brinda una monitoria real del estado de un paciente con fibrosis quística. A pesar de ello, se ha logrado apreciar que son muy escasos los videojuegos dedicados única y exclusivamente a la recuperación y/o prevención de la pérdida de la capacidad pulmonar, ya sea por diversas enfermedades o por consecuencia de las nefastas secuelas del COVID 19. Es, por tanto, que la puesta en marcha de este proyecto de creación de un Serious Games en pro de la terapia respiratoria, será una innovación tanto en la industria de los juegos tecnológicos como en el campo de la recuperación en salud, ambos, fusionados y puestos a disposición de la humanidad.

Es así, como por medio de la aplicación monitor well-being data for patients with cystic fibrosis se desarrolló un videojuego en el cual se debe soplar el micrófono del dispositivo móvil para realizar los ejercicios respiratorios. Dicho videojuego fue elaborado para dos plataformas, el primero es el aplicativo móvil para los usuarios con FQ, y el segundo es un aplicativo web para analizar los resultados del usuario al realizar la terapia en la aplicación[39].

El conocimiento de los resultados se da primero por medio de pruebas automatizadas para validar si el software está funcionando correctamente, además de ello, los datos arrojados por el usuario son analizados mediante un diagrama por el personal médico a través de un software, el cual, posteriormente notificará al usuario su estado de salud respiratorio real. [39]

Finalmente, se evidencia una experiencia positiva en los pacientes adultos con FQ (Fibrosis quística) después de pasar las pruebas clínicas y jugar con el aplicativo móvil, es así, como este videojuego contribuye al buen manejo de pacientes FQ (Fibrosis quística) en su enfermedad crónica.[39]

La investigación descrita en: **Using Serious Games to Motivate Children with Cystic Fibrosis to Engage with Mucus Clearance Physiotherapy [56]**”, muestra el desarrollo de un software de juego que se controla mediante la respiración en una máscara o boquilla PEP (es un método eficaz para eliminar la acumulación de moco en los pulmones de quienes padecen enfermedades pulmonares crónicas como la fibrosis quística) utilizando un sensor de presión de aire para interactuar con la PC.

El método de desarrollo del proyecto se basa primero en implementar el hardware, es decir, la implementación de la mascarilla que se usará para realizar la fisioterapia via PEP. Posterior a ello se desarrolla el software con múltiples videojuegos como Çave Flight, "Flower garden game" y "Pirates games". [56]

Finalmente, el desarrollar múltiples videojuegos conectados a un hardware (máscara) para realizar tratamientos respiratorios como el PEP para tratar enfermedades como la fibrosis quística, generó un proyecto que evaluó la usabilidad del producto compuesto de hardware y software en un caso específico y en general los resultados fueron bueno y satisfactorios. [56]

Igualmente, el videojuego “**Breathe to Dive: Exploring a Virtual Reality Game for Treatment of Cystic Fibrosis**[57]”, transporta el paciente con fibrosis quística a una nueva realidad virtual de buceo, donde se incorpora diegéticamente el ejercicio de respiración traduciéndose en movimiento a través del mundo submarino.

El desarrollo del proyecto se basó en fijar unos objetivos claros con los pacientes. Posterior a ello, se estudiaron los ejercicios de limpieza de las vías respiratorias que hacen los pacientes normalmente, luego se hace la medición de la respiración de los usuarios para saber las entradas que necesita el software, y así lograr implementar el hardware. Finalmente, se diseña el juego para obtener el prototipo final.[57]

Este proyecto encaminado a implementar un videojuego de realidad virtual que ayude a realizar ejercicios de respiración para el usuario y así mejorar la limpieza de la mucosidad en los pulmones fue recibido positivamente debido al mejoramiento de los usuarios con su tratamiento respiratorio.[57]

“ **Virtual Reality Rehabilitation in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Randomized Controlled Trial**” [58]; En este artículo, se comparan los resultados de rehabilitaciones de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica realizando entrenamientos usando realidad virtual no inmersiva y entrenamientos con el programa tradicional de rehabilitación pulmonar, el propósito de este estudio, era determinar si un entrenamiento combinado entre VR y ejercicios tradicionales traía más beneficios que al solo utilizar ejercicios tradicionales, como también determinar si la rehabilitación solo utilizaba VR en lugar de ejercicios de entrenamiento tradicionales tenía beneficios equivalentes. Como resultados del artículo, se muestra que el entrenamiento de VR+ET era más efectivo que el de

solamente ET en varios ejercicios y que el de VR contra ET también el de VR tenía más beneficios, por lo tanto se llegó a la conclusión de que realizar ejercicios utilizando herramientas de VR no inmersivas era más beneficioso que los entrenamientos tradicionales.

“ Evaluation of the exercise intensity generated by active video gaming in patients with cystic fibrosis and healthy individuals” [59]; El propósito de este artículo era comparar la respuesta durante el uso de videojuegos interactivos con un ejercicio cardiopulmonar (CPET) en personas saludables y en pacientes que sufren fibrosis quística. Como conclusión se pudo observar que el uso de videojuegos generaron una respuesta similar durante en niveles de AT durante los ejercicios cardiopulmonares, lo que puede de esta una alternativa para los ejercicios tradicionales.

Luego de conocer todo el respaldo científico y práctico que hay alrededor del tema, y ya teniendo unas bases y unos referentes fuertemente cimentados, es momento de conocer la metodología del proyecto en su tipo de estudio

2.3. Metodología

2.3.1. Tipo de Estudio

Experimental

Se realizará un tipo de estudio experimental para diseñar e implementar un prototipo funcional de videojuego que busca favorecer la recuperación de pacientes con secuelas pulmonares por COVID 19. Asimismo, el proyecto pretende ser un abre bocas a lo que podría ser una investigación más rigurosa donde se pueda llegar a un producto que pueda ser usado por un paciente que requiera realizar fisioterapia para evaluar si el sistema es realmente útil tanto para el fisioterapeuta como para el paciente.

De igual forma, la creación y aplicación de este innovador proyecto pretende originar un abre bocas a lo que podría ser una investigación más rigurosa o incluso un primer paso para la reinención de la terapia respiratoria por medio del creciente mundo de los Serious Games, esto, también aplicable a otros tipos de patologías. La finalización de este proyecto y la puesta en marcha del mismo en las manos de los pacientes significará y marcará si el patrón a seguir por medio del videojuego y la

misma incentivación que brinda un juego como tal, en verdad contribuirá de forma significativa, con otros complementos en la terapia, en el verdadero avance en el proceso de recuperación.

En seguida de trazar el tipo de estudio como experimental, se dará a conocer el sistema Kanban, sistema que será empleado en el proyecto para exponer el estado en que se encuentra cada tarea.

2.3.2. Kanban

“Kanban” es un término japonés que significa tarjeta con signos o señales visuales. Este sistema fue creado por la necesidad de llevar un sistema que pudiese dar planificación de manera sencilla y que permitiera controlar y administrar cada etapa de la cadena de producción de una manera óptima. Kanban fue aplicado en el año 2004 por David J. Anderson quien lo definió como un método que permite trabajar con conceptos de extracción , teoría de colas y flujo como se representa en la Figura 2.11, en donde se define cada flujo que tendrá el proyecto y se expone el estado en el que se encuentra cada tarea [60][61]

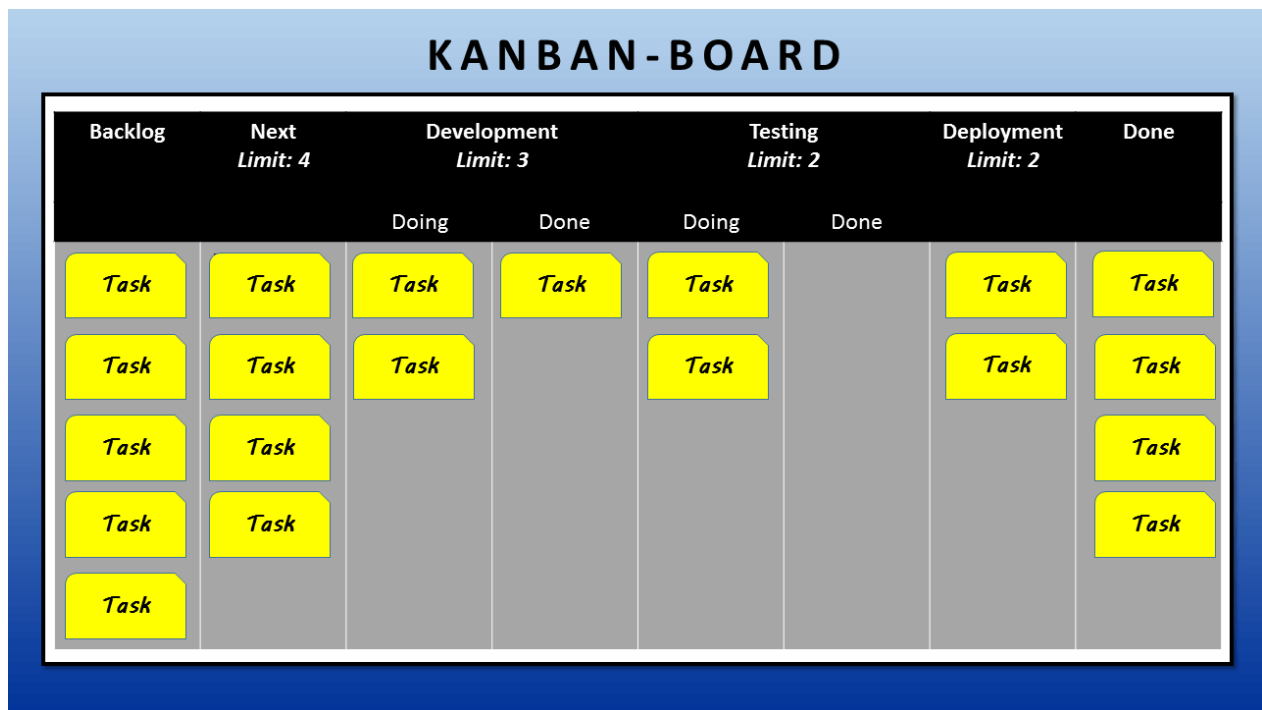


Figura 2.11: Ejemplo de un tablero de kanban. [62]

Finalmente, luego de conocer toda la metodología del proyecto, proseguiremos al capítulo número tres, donde describiremos el desarrollo y el análisis de la propuesta, donde se conocerá la descripción de los cinco ejercicios que contendrá el videojuego, al igual que las recomendaciones de las reuniones y la arquitectura del mismo

Desarrollo de la propuesta

3.1. Análisis de la propuesta

En la figura 3.0 se muestra cómo un paciente con deficiencia en la respiración debe ser sometido a una serie de evaluaciones donde se darán sus signos, síntomas, auscultación y rayos x. Posterior a ello, de acuerdo a los resultados obtenidos, se asignará al paciente una prescripción donde se incluirán el número de series, repeticiones y tiempo de descanso, donde el objetivo a alcanzar es lograr una capacidad de entre 50 y 70% de CV.

Se incluirán procesos tales como: Suspiros inspiratorios sin apneas, respiración abreviada en sus tres fases (Fase 1: Inspiración suave y profunda, respirando una pequeña cantidad de aire. Fase 2: Inspiración profunda de una pequeña cantidad de aire profundamente luego de concluir la primera fase. Fase 3: inspiración profunda y completa al terminar la segunda fase); patrón diafragmático: (inspiración nasal y espiración bucal hasta lograr capacidad residual funcional); inspiración profunda la cual debe ser lenta y nasal hasta alcanzar la capacidad inspiratoria máxima, intervalos de 3 a 10 segundos y una espiración lenta por la boca; e inspiración fraccionada en tiempos. De acuerdo a las medidas obtenidas se podrá continuar con el proceso; o por el contrario, se requerirá de una reevaluación sobre la frecuencia respiratoria, volumen mínimo, volumen corriente y saturación de oxígeno.

La utilización de varias inspiraciones dentro del mismo ciclo ventilatorio, favorece la utilización de la capacidad inspiratoria en su plenitud con finalidad re-expansiva. Consiste en inspiraciones suaves y cortas por vía nasal e interrumpidas por cortos periodos de apnea (mínimo dos segundos cada uno) post inspiratoria programadas hasta en cuatro tiempos consecutivos, la espiración se da por la boca hasta que bote todo el aire.

El terapeuta determina en cuantas inspiraciones se llevará a cabo ya que puede ser inspiración fraccionada en 2 tiempos (realizar dos inspiraciones con los parámetros

anteriores), en 3 tiempos o 4 tiempos, inspiración nasal suave y corta, post inspiración realizar un periodo de apnea de mínimo dos segundos. Se realizan el número de inspiraciones determinadas, realizando una espiración suave por la boca con labios fruncidos.

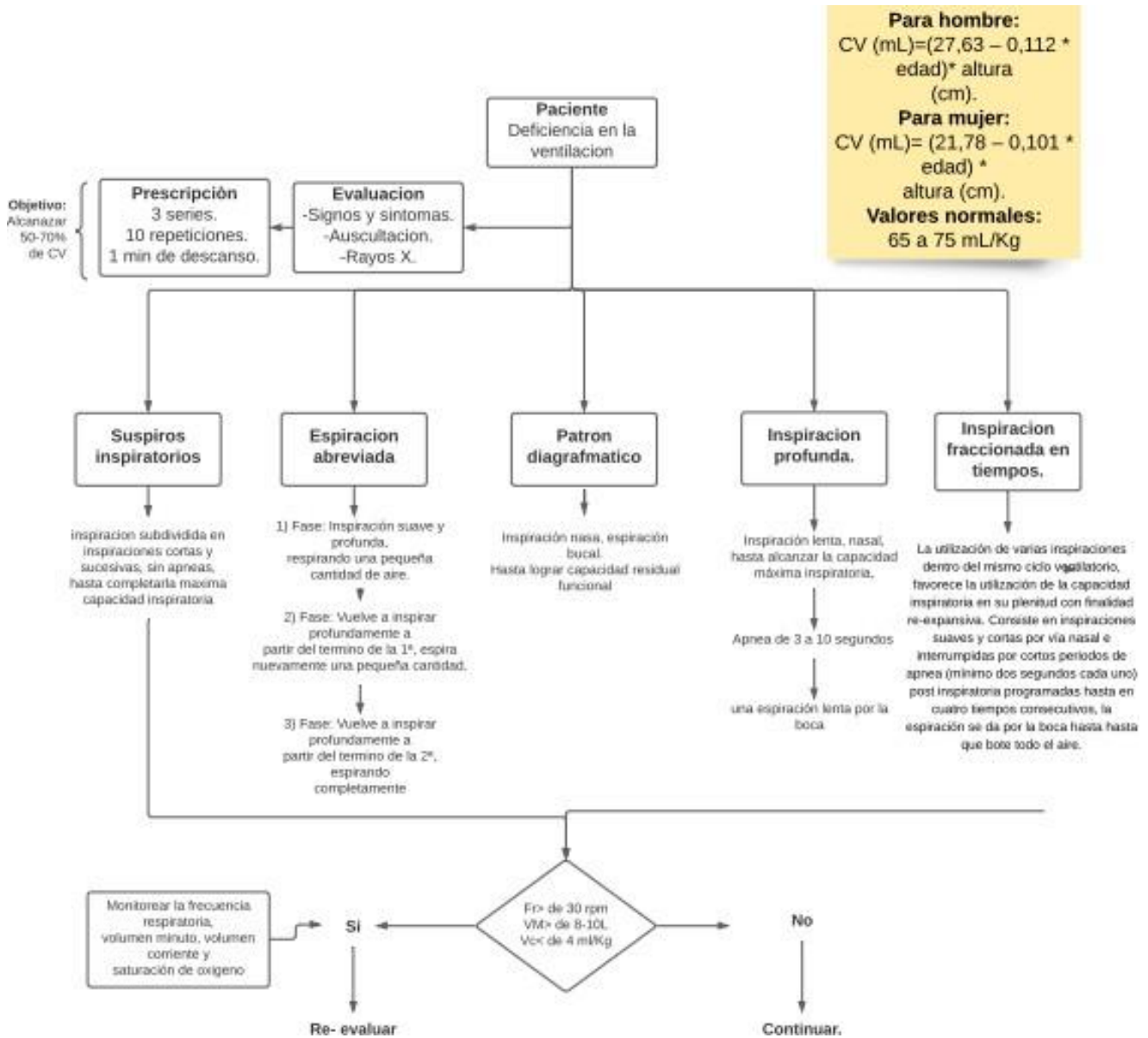


Figura 3.0: Diagrama de flujo para diagnóstico del fisioterapeuta.

Volumen corriente	500 ml
Volumen de reserva inspiratoria	3000 ml
Volumen de reserva espiratoria	1100 ml
Volumen residual	1200 ml

La propuesta a desarrollar se encargará de que el paciente realice 5 ejercicios con el fin de recuperar su capacidad pulmonar. En seguida, se logra apreciar la descripción de cada uno de ellos y una gráfica que permite reflejar los espacios de inspiración, apnea y expiración.

3.1.1 Inspiración profunda:

La inspiración es un proceso activo que se produce por la contracción de los músculos de la inspiración, lo que aumenta el volumen torácico. Lo que se ve en la figura 3.1 es una inspiración lenta, nasal, hasta alcanzar la capacidad máxima inspiratoria, se produce una apnea de 3 a 10 segundos finalizando con una expiración lenta por la boca. La línea verde significa que se está inspirando, esto quiere decir que entra el aire por los pulmones, la azul es la apnea, aguanta el volumen del aire durante esta, y por último la línea roja es la expiración lo que quiere decir que bota el aire.



Tomando como 0 Volumen residual + volumen de reserva espiratoria

Figura 3.1 : Inspiración profunda

3.1.2 Patrón diafragmático:

La respiración diafragmática es el tipo de respiración que más se ha difundido en la clínica psicológica. El entrenamiento de la respiración diafragmática se realiza colocando la mano derecha en el estómago entre la última costilla y el ombligo, y la mano izquierda sobre el pecho, la persona se concentra para usar el diafragma durante la respiración, haciendo que la mano ubicada en el estómago suba más que la del pecho [63]. Este es un ejercicio evaluativo por parte del fisioterapeuta, se pone al paciente a realizarlo para ver cómo está su pulmón.

Este tipo de respiración es considerado uno de los más saludables, gracias a la expansión del estómago que ocasiona que el diafragma caiga bastante para generar un vacío mayor en el pecho y de esta forma hacer que el aire se apropie de un mayor volumen dentro de los pulmones. Esta respiración tiene múltiples beneficios así como:[64][65]

- Incremento de la concentración.
- Aumento en la cantidad de oxígeno que llega a los pulmones.
- Reducción de la velocidad del ritmo cardiaco.
- Estimulación del sistema nervioso parasimpático responsable de la relajación.

Igualmente de acuerdo al artículo de la Universidad Católica de Colombia, “influencia de la respiración diafragmática en la motricidad fina” del 2003, menciona que la práctica continua de la respiración diafragmática ocasiona que el individuo se vuelva inmune a situaciones de estrés, regula los niveles de serotonina y demás químicos encargados de las emociones, mejora el sueño, el humor, disminuye el tono muscular basal, vuelve más fuertes y saludables los sistemas tanto cardiovascular como pulmonar, mejora la digestión y se expande la capacidad de concentración y de memorización. No obstante el número de investigaciones sobre los beneficios de la respiración diafragmática son escasas. Lo que es seguro y se afirma en el artículo mencionado es que para cambiar el tipo de respiración en un sujeto se necesita una preparación y ejercitación constante de varios años, esto con la finalidad de cruzar los niveles de la expansión diafragmática y un estímulo sensorial encargado de orientar el rendimiento de la correcta actividad del diafragma.

El diafragma como músculo que comienza a funcionar junto con el corazón así como también deja de hacerlo con él, haciendo mención de que este es una estructura músculo-tendinosa que separa el tórax del abdomen y cuya función es principalmente inspiratoria [66] pero que también puede trabajar en la espiración forzada.

En la Figura 3.2, se puede observar cómo presentan una elevación diafragmática parcial, elevación diafragmática bilateral, descenso diafragmático parcial, descenso diafragmático bilateral, esto mediante la inspiración nasal y espiración bucal.



Tomando como 0 Volumen residual + volumen de reserva espiratoria

Figura 3.2: Patrón diafragmático

3.1.3 Suspiros inspiratorios:

La Figura 3.3 muestra inspiraciones cortas y sucesivas sin apneas, esto quiere decir que no deja de respirar, hasta completar la máxima capacidad inspiratoria, el sujeto aculuma aire hasta no poder mas seguidamente lo bota todo y repite la acción un número de veces más hasta llegar a su capacidad máxima para posteriormente botar todo el aire.



Tomando como 0 Volumen residual + volumen de reserva espiratoria

Figura 3.3: Suspiros inspiratorios

3.1.4 Inspiración fraccionada en tiempos:

Inspiración Fraccionada en 2 tiempos: Consiste en lograr una inspiración total en dos tiempos con un descanso entre ambas. La inspiración inicia desde cero y aumenta un porcentaje que es el primer tiempo, ahí hay un breve periodo de apnea y posterior a ello viene el segundo tiempo de inspiración el cual lleva el volumen hasta su máxima capacidad. Al llegar al máximo nivel de volumen, se vuelve a producir una apnea donde se mantiene la inspiración por un breve tiempo hasta realizar la espiración continua. Ver figura 3.5.



Tomando como 0 Volumen residual + volumen de reserva espiratoria

Figura 3.4: Inspiración en 2 tiempos.

Inspiración Fraccionada en 3 tiempos: Se logra una inspiración total en tres etapas, cada una separada por un breve descanso. La inspiración inicia desde cero en su primero tiempo y se mantiene en apnea por un breve periodo, posterior a ello, se produce un segundo periodo de respiración y una breve apnea, el tercer periodo de la respiración es un poco más fuerte y consigue llegar hasta el máximo volumen, pero una vez se completa esta respiración se mantiene un breve periodo de apnea antes de producir la expiración. Ver figura 3.5.



Tomando como 0 Volumen residual + volumen de reserva espiratoria

Figura 3.5: Inspiración en 3 tiempos.

Inspiración Fraccionada en 4 tiempos: Por medio de la respiración fraccionada en 4 tiempos se logra una inspiración total con 3 descansos de por medio. La inspiración inicia desde cero y emplea un poco más de tiempo que las anteriores, esto puesto que cada escala en el tiempo se da un periodo de apnea, es decir, luego en cada periodo de inspiración habrá un periodo de apnea donde se mantenga la respiración hasta lograr los 4 tiempos y proceder al proceso de expiración. Ver figura 3.6.



Tomando como 0 Volumen residual + volumen de reserva espiratoria

Figura 3.6: Inspiración en 4 tiempos

Expiración abreviada: Al interior de la gráfica se logra identificar las 3 fases de espiración abreviada: en el primer segmento de volumen donde se adquiere el aire, se hace una inspiración suave y profunda con poca cantidad de aire; posterior a ello, se hace una leve expiración antes de continuar con la segunda fase, donde se hace una nueva pequeña inspiración, seguido a ello, se hace una pequeña expiración y se hace una tercera inspiración profunda para finalizar con una espiración total. Ver figura 3.7.



Tomando como 0 Volumen residual + volumen de reserva espiratoria

Figura 3.7: Expiración abreviada

Con la intención de socializar la primera fase del proyecto, este fue sometido a una serie de reuniones con el grupo del semillero para así incluir en el mismo visiones, ajustes y sugerencias de terceros. Estas reuniones se llevaron a cabo los días 23 de abril del 2021, 14 de mayo del 2021 y 27 de mayo del 2021.

3.2. Proceso de desarrollo interactivo

Primera interacción: Reunión 23 de Abril de 2021

Se hace la presentación de la portada de la aplicación, primeras imágenes, donde se presentan las preguntas básicas introductorias, nombre, número de cédula, edad, género, medida y se exige la creación de usuario; posterior a ello, se muestra el menú de la aplicación, menú que cuenta con las opciones de jugar e instrucciones. Luego de marcar la opción de jugar se mostrarán las 5 opciones de ejercicios y se dará el número de repeticiones y series. Se hace la explicación de que en el momento de inhalar, suba; exhalar, baja y cuando se encuentra en apnea el objeto se mantendrá estable. Se describe cómo al final del juego se dará a conocer los resultados del proceso de los ejercicios e igualmente, el paciente se podrá retirar del juego, posterior a un anuncio, cuando la respiración del paciente es demasiado anormal.

Recomendaciones de la reunión:

- Se recomendó incluir la opción de “otro” en el aspecto de género.
- Se hace la recomendación de eliminar la palabra “jugar” del menú principal. Se dan algunos términos para reemplazar: ejercicio pulmonar o ejercicio respiratorio.
- Se recomienda implementar una barra que permita identificar los volúmenes de aire que ingresan al pulmón. Esta deberá ser regulada de acuerdo con la necesidad que demarque el fisioterapeuta, este nivel a alcanzar será el incentivo para el paciente.
- Incluir un punto de referencia para el nivel de respiración.
- Se recomienda tener un concepto de un paciente para demarcar su opinión.
- Recomendaciones de darle un toque más clínico a la aplicación y desmarcarlo del juego, para así darle una visión de seriedad al paciente.
- Se recomienda dar una introducción al inicio del juego sobre la importancia de la reexpansión pulmonar.
- Se recomienda dar unos tips sobre la correcta ejecución al iniciar cada ejercicio con sus respectivas recomendaciones de hacer y no hacer.



Figura 3.9: Primer prototipo del videojuego

Al inicio la nutria está en un agua que refleja el volumen de la reserva más el volumen de la reserva inspiratoria que tiene la persona, cuando el paciente empieza a inspirar sube el agua.

En la reunión se plantea que se hará una barra que no logre tapar la visibilidad del juego y la barra indicará el volumen en el que está, aclarando también que se puede cambiar los volúmenes mínimos y máximos.

Opiniones:

Un incentivo: La fisioterapeuta sugiere que se puedan tener los 500, los 1000, los 1500 porque él tiene que inspirar como sube tiene que ver como alcanza el nivel, sosteniendo y soltando. Teniendo en cuenta que el patrón diafragmático es una prueba que se pone para que el paciente haga un precalentamiento, el diafragma empieza a trabajar antes de pedirle que sostenga.

El profesor y la fisioterapeuta dicen que el juego para el ejercicio de calentamiento a pesar de todo muestra lo que es, se sugiere asimismo que sea más cuantificativo, se deben poner los volúmenes inspirados. Como es el caso, los ejercicios mostrados con

anterioridad por parte de la fisioterapia son de apnea y se tendría que pensar en una actividad lúdica que permita decir que se está realizando la prueba.

La idea es tener varios avatares (castor, pingüino, entre otros) y que también hay diferentes entornos, no siempre la cueva, puede ser hielo, diversas pantallas dependiendo del ejercicio, esto para trabajos futuros. En el caso del patrón diafragmático sería el de la foca en la cueva con algas.

Recomendaciones de la reunión:

Si la nutria en vez de ir en horizontal es como si estuviera subiendo porque la inspiración es de subida y la espiración es de bajada, la foca en vez de ir en línea recta de suba y baja fuera en el sentido de yo expiro e inspiró pero sin ser lineal, la foca sigue la montaña de subida y de bajada. Resultaría entonces más fisiológico como si fuera una montaña, inspiro y expiro para que el paciente pueda visualizar lo que se quiere mostrar, el cómo es un ciclo respiratorio, que se pueda ver gráficamente el nivel mínimo y el máximo, la fisioterapeuta quiere que se vea la trayectoria.

La nutria sigue el patrón del agua y dice si expira o inspira, si fuese diferente, sería la foca la que hace el esfuerzo, verificando el esfuerzo del avatar, en estos casos el paciente. No subir el agua sino por ejemplo subir una montaña. La idea es que el paciente vea a donde tiene que subir y que bajar.

El juego no obstante muestra indicaciones claras para que el paciente entienda la dinámica del juego y pueda empezar con el ejercicio.

Se dice entonces que hay mucha incertidumbre en el paciente sobre a donde voy a ir, lo que se quiere es que el paciente sepa lo que va a hacer, se debe revisar entonces que el paciente tenga el escenario de lo que se quiere previamente para luego conseguirlo, por que en este momento al ejecutar el juego parece ser que el paciente está pendiente de subir y bajar pero no hay una meta establecida dentro del mismo juego. La idea es que se vea la ruta, que se vaya alcanzando y que haya metas y logros para alcanzar eso, dependiendo de las indicaciones dadas por el fisioterapeuta, "usted tiene que tomar tantos litros y el doble del tiempo"

Que quede programado, que el escenario quede fijo y que el avatar sea el que se mueva, del ciclo de entrada y salida del aire que está asociado con volúmenes.

Es así como el esfuerzo debe venir del avatar, el agua representa el aire, la figura entonces debe moverse en el sentido de cuanto el paciente alcanzó en el aire. La idea de moverlo con el agua tenía la idea de visualizar cuánto aire ha inspirado la persona o expirado, cuando la nutria se choca quiere decir que lo está haciendo mal, se hace

correctamente cuando pasa por el centro de la cueva.

Se dice entonces que cuando inspira, llega hasta 500, para llegar a 500 debe seguir la ruta, si está inspirando más o menos (si es mayor a 500 o menor a 500), significa que es incorrecto porque la idea es que alcance el volumen establecido, en tal caso el volumen entraría como parámetro.

Aclaración por parte de la fisioterapeuta: tener más de 500 no es malo, la ventilación no es heterogénea, no siempre se meten 500 mililitros en un ciclo. El patrón entonces es variable, no es estático. Se le dice al paciente en los ejercicios que respire normalmente, porque el patrón diafragmático es lo que cada uno de nosotros hace normalmente. solo se identifica el patrón del paciente, puesto que el patrón diafragmático es inspirar, expirar, inspirar, expirar por eso se le llama patrón. Es de monitoreo, no tiene una meta establecida, no tiene retribuciones de que se esté haciendo bien.

Es el precalentamiento, es lo que cada uno hace en términos normales. Los pacientes post covid tienen una función pulmonar comprometida seguramente no meten mucho aire entonces su volumen corriente será pequeño. Es por eso que se tiene como sugerencia que el juego se desarrolle con montañas porque es lo más cercano a la manera como se respira.

Inspiró sube, expiró bajo, inspiró sube, expiró bajo, es como se va a identificar cuando se ponga al paciente a respirar, es su patrón diafragmático el que indicará que tan poco el puede respirar, y ese patrón diafragmático es lo que le dice al fisioterapeuta si tiene o no que aumentarle el volumen al mismo, se cogerá la respiración fraccionada o suspiros inspiratorios que son las técnicas de reexpansión. La idea es que el camino se vaya construyendo tal como el paciente construye su ciclo respiratorio. No habrá premios como tal en el ejercicio del patrón diafragmático, simplemente se va a respirar con el fin de identificar su ciclo.

Tercera interacción: Reunión 27 de mayo de 2021

Asistió la estudiante de fisioterapia, y la profesora encargada de la parte médica y fisioterapéutica del juego. La reunión fue solo con las mencionadas por que lo importante es que la profesora encargada estuviera de acuerdo con los planteamientos del juego y su proceder. En la reunión del 14 de mayo, al haber sugerencias en esta se buscó la solución de lo que pedían que les estaba preocupando o que no estaba del todo definido y pulcro.

En el juego se va a marcar en la parte superior izquierda, este número indica la capacidad actual pulmonar de la persona que sube y baja a medida que inspire o espire. Ver figura 3.10.



Figura 3.10: Prototipo del videojuego actualizado.

En el juego mismo hay líneas que muestran cuál es la capacidad pulmonar de cada escalón, en tal caso, el paciente divisara las líneas que muestran 500, 1000, y así sucesivamente. Para que tenga ese soporte visual que la profesora encargada solicitó en la reunión anterior y además de ello la posibilidad de graficar el trayecto de la nutria en el ejercicio.

Reparamos, después de lo cual, sobre estos tres tópicos cruciales:

- Marcador que indica la capacidad pulmonar actual que tenga la persona (paciente).
- Líneas de la capacidad pulmonar en cada punto.
- Gráfica de la trayectoria del paciente en el ejercicio para ver su desempeño

durante él, estando este punto en proyectos futuros.

El planteamiento de estas correcciones fue positivo por parte de la profesora encargada. Así entonces la decisión fue tomada por parte del equipo.

Ahora se dará un conocimiento minucioso de la población que, según el DANE, ha sido la más afectada por el COVID 19 en nuestro país, Colombia.

3.3 Población

El COVID 19 ha sido un virus que ha afectado a todas las personas sin tener razón de su edad, ha sido una pandemia que ha afectado al más pequeño, recién nacido, pasado por lo niños —considerados en su mayoría asintomáticos—, jóvenes y adultos, hasta llegar aquella población ubicada en la tercera edad (Según el DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE), son considerados población de la tercera edad a todo individuo superior a los 60 años de edad) [68] Sin duda alguna, este es el escalón de edad donde mayor afectación causa el paso del COVID 19 [69], esto, debido al natural debilitamiento del cuerpo para esta edad y la gran cantidad de personas que cuentan con una enfermedad de base (Hipertensión, sobrepeso, diabetes, problemas musculares, problemas cardiacos, entre otros).

A pesar de lo descrito anteriormente, los pacientes con afectación pulmonar se han desarrollado en seres humanos de todas las edades y de todo el mundo, es así, como 164 millones de personas [17], desde el inicio de la pandemia, se han recuperado de SarCo v2 y han continuado con tratamientos en motivo de recuperar el ciento por ciento de su salud física. Es por lo anterior, que el software descrito en este proyecto estará destinado a toda la población en general que necesite de una recuperación de la capacidad pulmonar por medio de una terapia de reexpansión pulmonar a consecuencia del COVID 19 e igualmente, debido a las restricciones de movilidad que aún frecuentan para mitigar la propagación del virus, permitirá que también personas con afección pulmonar a causa de otras enfermedades, y si el fisioterapeuta lo considera adecuado, podrán emplear la aplicación.

3.4 Requerimientos

Un requerimiento se representa como una declaración de alto nivel de un servicio que debe suministrar el sistema o como limitaciones que este debe tener.

3.4.1. Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales de un sistema, deben ser completos y consistentes, cuando se habla de que deben ser completos quiere decir que los servicios solicitados por el usuario están definidos, la consistencia por otro lado significa que los requerimientos no tengan definiciones contradictorias.[70]

Los requisitos estarán representados mediante la tabla 3.11 que especifica las particularidades de los requisitos y la 3.12 sobre la tabla de conversión.

Identificación de requerimiento	<i>RF(Funcional)-N</i>
Nombre	<i>Nombre del requerimiento</i>
Descripción	<i>Descripción del requerimiento</i>
Proceso	<i>Proceso del requerimiento</i>
Prioridad	<i>(Baja/media/alta)</i>

Tabla 3.11: Cuadro de requerimientos

Grados de necesidad	<i>Prioridad</i>
1	<i>Baja</i>

2	<i>Media/baja</i>
3	<i>Media</i>
4	<i>Media/alta</i>
5	<i>Alta</i>

Tabla 3.12: tabla de conversión

Identificar requerimientos	<i>RF (funcional)-001</i>
Nombre	<i>Sistema de validación</i>
Descripción	<i>El sistema debe tener un sistema de validación de usuarios donde cada usuario ingrese su nombre y contraseña para acceder a los ejercicios que tiene asignados en su terapia.</i>
Proceso	<i>El usuario se encuentra en la pantalla de inicio donde le aparecerá un botón de “ingresar”, posteriormente el usuario debe poder escribir su nombre, contraseña y enviar los datos a la aplicación. Cuando el usuario digita su nombre de usuario y contraseña se pasa a validar que los datos existan en el sistema, de ser correcto se valida la identidad del usuario y se pasa a la página con el menú que involucra realizar la fisioterapia, revisar las instrucciones u otras opciones.</i>
Prioridad	<i>Alta</i>

Identificar requerimientos	<i>RF (funcional)-002</i>
Nombre	<i>Crear cuenta</i>

Descripción	<i>El sistema debe permitir que los usuarios se registren con la siguiente información: género, edad, estatura, nombre completo, correo, cédula y contraseña.</i>
Proceso	<i>El usuario en la página de inicio oprime el botón de crear cuenta, este lo lleva a otra pestaña con ciertos datos a llenar. Si toda la información es correcta, los campos obligatorios se llenaron y no se repite el usuario se crea el nuevo usuario en el sistema y la persona ya puede acceder al menú que involucra realizar la fisioterapia, revisar las instrucciones u otras opciones.</i>
Prioridad	<i>Alta</i>

Identificar requerimientos	<i>RF (funcional)-003</i>
Nombre	<i>Menú de ejercicios</i>
Descripción	<i>El sistema debe tener un menú predefinido con los ejercicios o juegos para que el usuario pueda realizar los que requiera según la prescripción de su fisioterapeuta.</i>
Proceso	<i>Cuando se validan las credenciales el usuario debe ingresar al menú principal donde debe seleccionar el botón de “Realizar fisioterapia” posteriormente debe encontrar el Menú de ejercicios.</i>
Prioridad	<i>Baja</i>

Identificar requerimientos	<i>RF (funcional)-004</i>
Nombre	<i>Muestra de los ml actuales</i>
Descripción	<i>El sistema en la pantalla de juego debe tener un indicador en la parte superior izquierda donde se muestran los ml actuales del paciente en el ejercicio que está haciendo.</i>

Proceso	<i>Durante la aplicación de cada ejercicio respiratorio y de acuerdo con la inspiración, apnea y expiración de cada paciente se podrá observar el nivel ml que posee el paciente al realizar cada acción.</i>
Prioridad	<i>Alto</i>

Identificar requerimientos	<i>RF (funcional)-005</i>
Nombre	<i>Muestra de los ml actuales formato vertical</i>
Descripción	<i>El sistema en la pantalla de juego debe mostrar los ml de una manera similar a los del inspirómetro actual.</i>
Proceso	<i>Durante la aplicación de cada ejercicio respiratorio y de acuerdo con la inspiración, apnea y expiración de cada paciente se podrá observar el nivel ml que posee el paciente teniendo marcados los valores de referencia 500ml, 1000ml, 1500ml,etc en la parte derecha del HUD</i>
Prioridad	<i>Alto</i>

Identificar requerimientos	<i>RF (funcional)-006</i>
Nombre	<i>Ejercicios de acuerdo con la fórmula de la capacidad vital</i>
Descripción	<i>El sistema debe estar diseñado de tal manera que los ejercicios están guiados y se rija a la fórmula de capacidad vital</i>
Proceso	<i>Los 5 ejercicios que el paciente realiza uno a uno no excederán la fórmula dada de la capacidad vital, y así no se está causando un daño mayor, ni se está provocando un mayor esfuerzo al requerido en cada ejercicio asignado.</i>

Prioridad	Alto
------------------	------

Identificar requerimientos	<i>RF (funcional)-007</i>
Nombre	<i>Construcción personal de cada ejercicio</i>
Descripción	<i>El sistema debe contar con la opción de graduar y adecuar los ejercicios de manera que sean procedentes y adecuados para cada uno de los pacientes de acuerdo con sus necesidades</i>
Proceso	<i>En el proceso inicial de apertura del juego con los datos brindados y la información proporcionada por el fisioterapeuta se logrará una construcción plena para la personalización de las series y repeticiones de los ejercicios.</i>
Prioridad	Alto

Identificar requerimiento	<i>RF (funcional)-008</i>
Nombre	<i>Retroalimentación de ejercicios</i>
Descripción	<i>El sistema debe tener retroalimentaciones que cumplan la función esencial de apoyo y soporte. Es decir, no sólo para revisar los ejercicios ya finalizados, sino también para detectar y corregir errores, con la finalidad de orientar, apoyar y estimular al paciente post covid con las indicaciones del fisioterapeuta.</i>
Proceso	<i>Al finalizar cada ejercicio se mostrará los resultados y metas obtenidas que se hayan generado mediante la ejecución del proceso.</i>
Prioridad	Alta

Identificar requerimientos	<i>RF (funcional)-009</i>
Nombre	<i>Visualización de las instrucciones de los ejercicios</i>
Descripción	<i>El sistema debe tener la posibilidad de mostrar las instrucciones sobre cómo realizar los ejercicios.</i>
Proceso	<i>Se indicará de forma textual y personalizada para cada ejercicio su nombre, los pasos a seguir para la realización del ejercicio y la cantidad de series y repeticiones del ejercicio.</i>
Prioridad	<i>Media</i>

Identificar requerimientos	<i>RF (funcional)-010</i>
Nombre	<i>Visualización de las instrucciones del juego</i>
Descripción	<i>El sistema debe tener la posibilidad de mostrar las instrucciones sobre cómo mover al personaje dentro del juego</i>
Proceso	<i>Se indicará de forma visual los controles básicos del movimiento del personaje del juego mediante algunas pantallas que indiquen cómo subir, bajar y mantener estable al personaje.</i>
Prioridad	<i>Baja</i>

3.4.2. Requerimientos NO funcionales.

Los requerimientos **no** funcionales representan características generales y restricciones de la aplicación o sistema que se esté desarrollando. A continuación presentamos los requerimientos no funcionales del software a desarrollar:

Usable: El sistema debe ser atractivo, operable y fácil de aprender a utilizar. Su diseño debe contribuir en estos aspectos ya que, como se mencionó anteriormente el sistema es manipulado por diferentes tipos de usuarios y su uso debe ser transparente para cada uno de ellos.

Confiable: El sistema debe mostrar los datos correctos no pueden existir inconsistencias ya que, esto puede afectar gravemente la salud de los pacientes.

Disponible: El sistema debe estar disponible cada vez que el usuario quiera realizar su terapia respiratoria.

Seguro y robusto: El sistema debe respetar la ley que alberga la protección de datos personales es fundamental que los datos de los pacientes no puedan ser accedidos por personas que no estén autorizadas y no sean los propietarios de estos.

Cuando ya se ha llegado hasta este punto en el desarrollo del proyecto, se entrará a un aspecto fundamental del mismo, este es el diseño de la propuesta, donde se abordará en primera medida la arquitectura física.

3.5 Diseño de la propuesta

3.5.1 Arquitectura física

El videojuego que favorece la recuperación de pacientes con secuelas pulmonares por COVID-19, se enfoca en lograr un trabajo entre el jugador (el paciente) y el fisioterapeuta. Los pacientes interactúan con la app móvil que mediante la conexión a internet acceden a una base de datos del servicio de firebase de Google en la cual se guardarán los datos personales que se ingresaron cuando se registraron, de la misma forma se obtienen los datos para validar las credenciales iniciar sesión y obtener las prescripciones de los ejercicios a realizar. Se observa gráficamente la arquitectura física del sistema en la Figura 3.13 donde se detallan todos los componentes físicos que interactúan en el sistema.

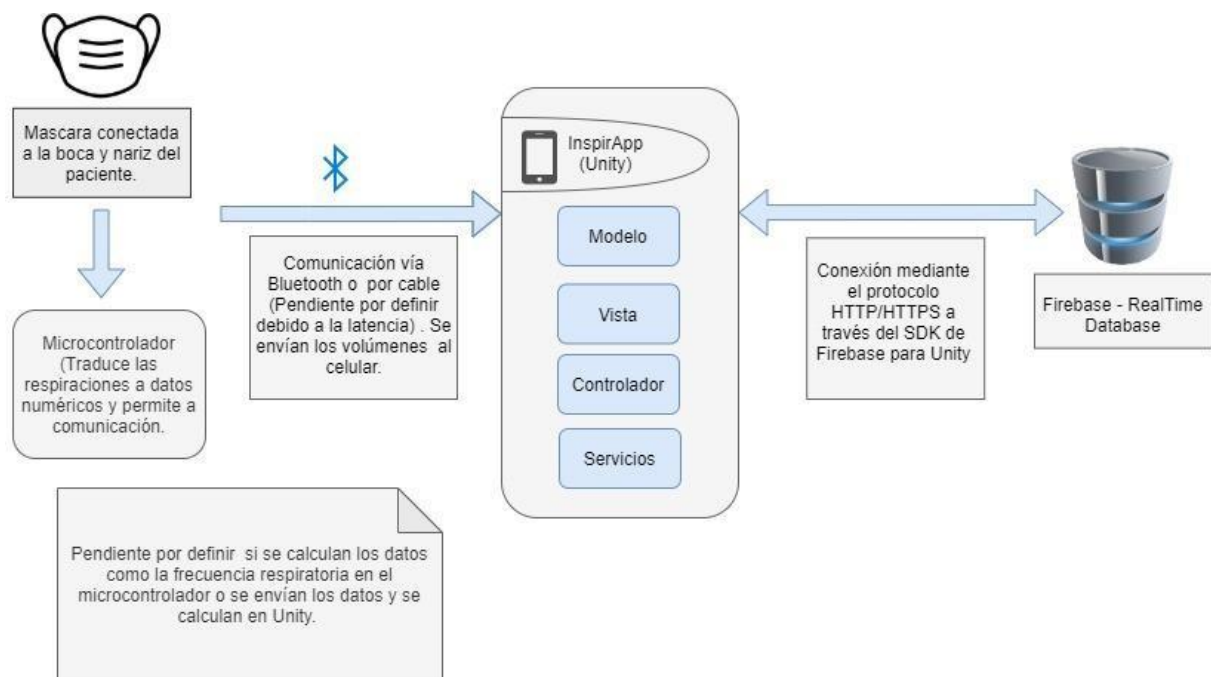


Figura 3.13: Arquitectura física

Luego de conocer todo el esquema de la arquitectura física, se pasa a conocer todo lo relacionado con el diseño de la arquitectura del software, donde se analizará las dos “capas diferentes” que tendrá el videojuego.

3.5.2 Arquitectura lógica

La arquitectura lógica, o de software consiste en un grupo de patrones y conceptualizaciones razonables que proporciona el marco del sistema. La primera capa de la arquitectura, la “capa clientes” es la presentación que tiene el paciente con la aplicación, es lo que los pacientes y fisioterapeutas como clientes verán por medio de la “capa de presentación”, donde los clientes tendrán un acercamiento por medio de las dos gráficas, la interfaz gráfica de la aplicación y las gráficas del videojuego con las que interactúan para mandar información a la “capa de negocio” y posteriormente almacenar en la “capa de datos” la información.

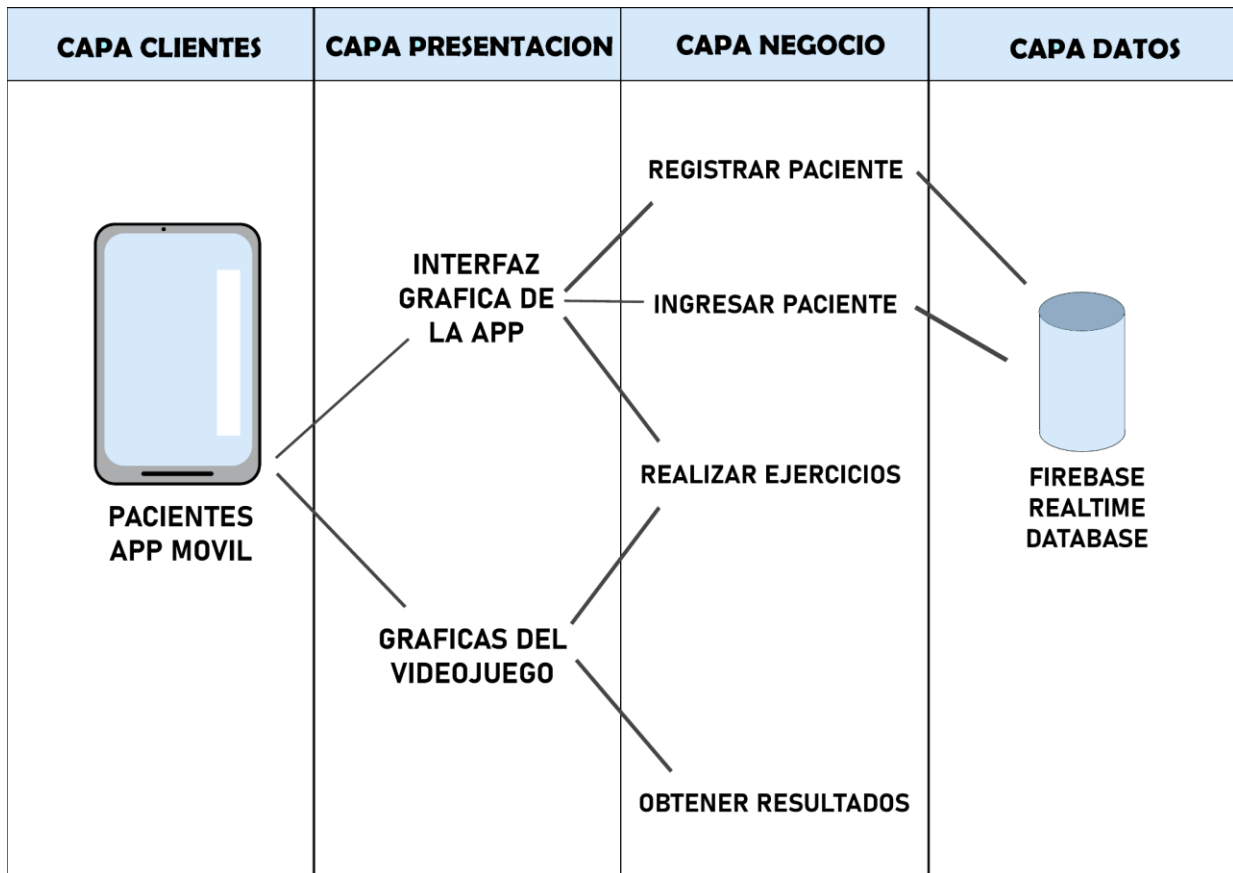


Figura 3.14: Arquitectura lógica por capas.

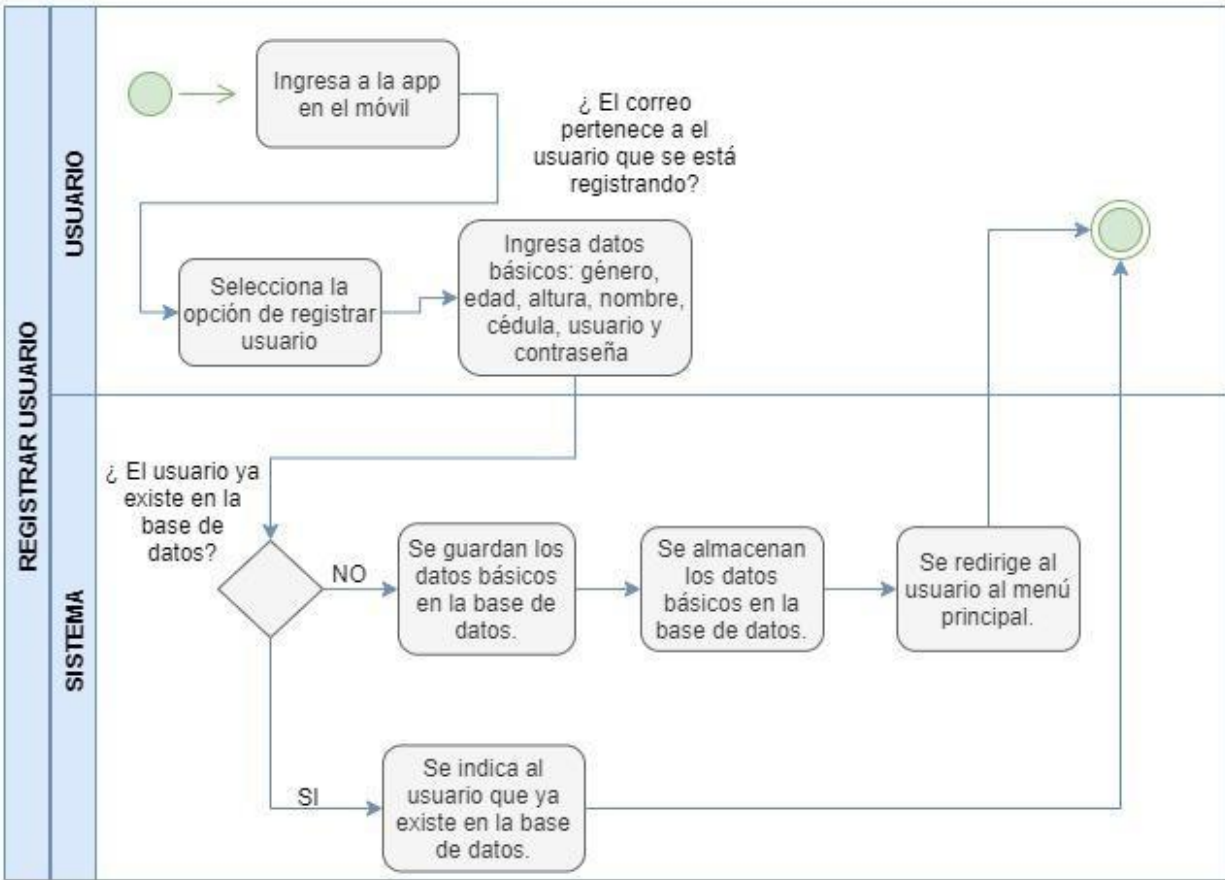


Figura 3.15: Diagrama de secuencia para el registro del paciente.

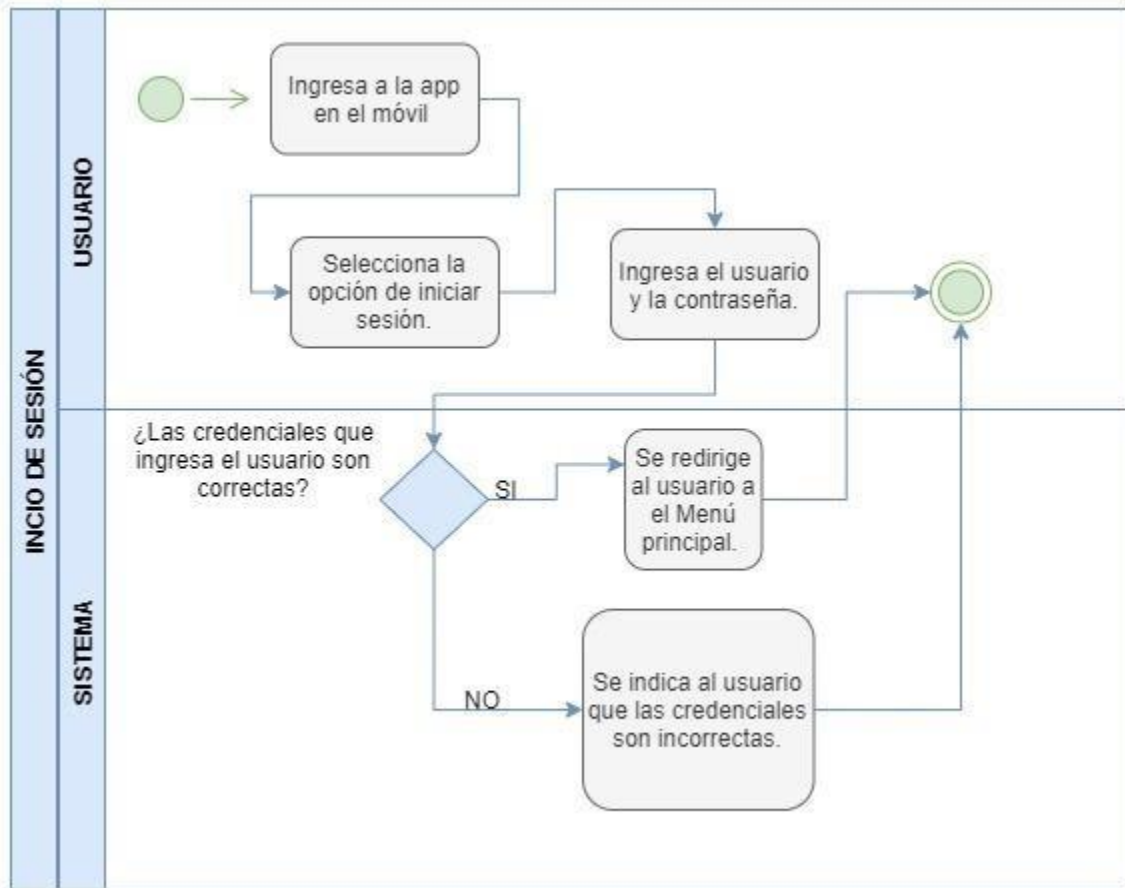


Figura 3.16: Diagrama de secuencia para el inicio de sesión del paciente.

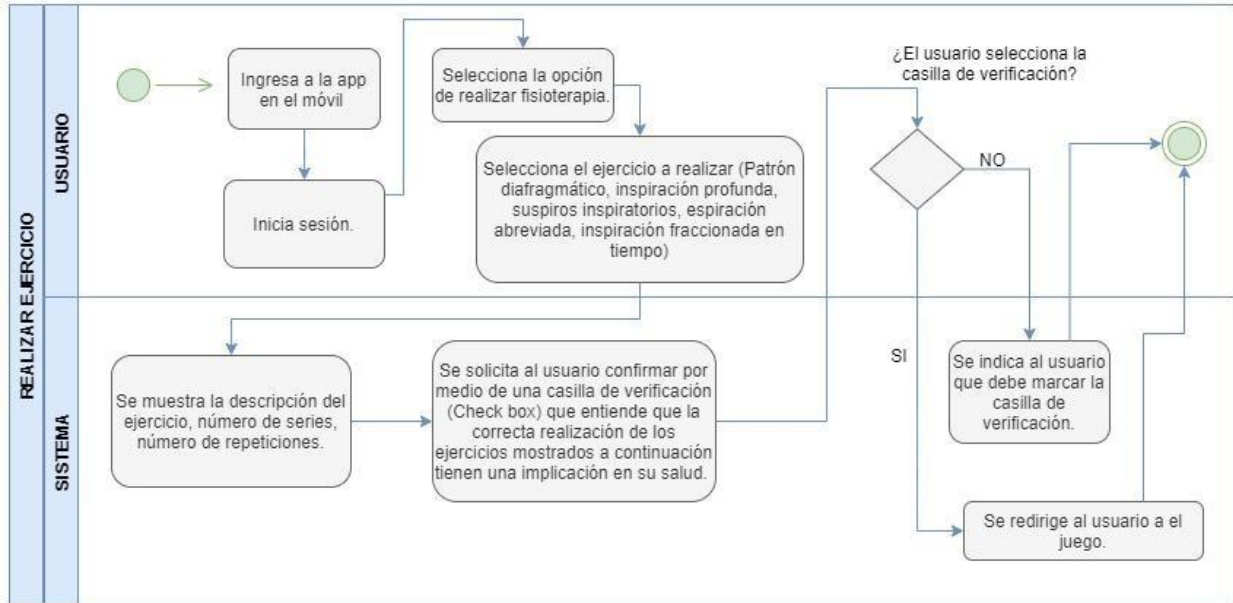


Figura 3.17: Diagrama de secuencia para la realización de ejercicios por parte del paciente.

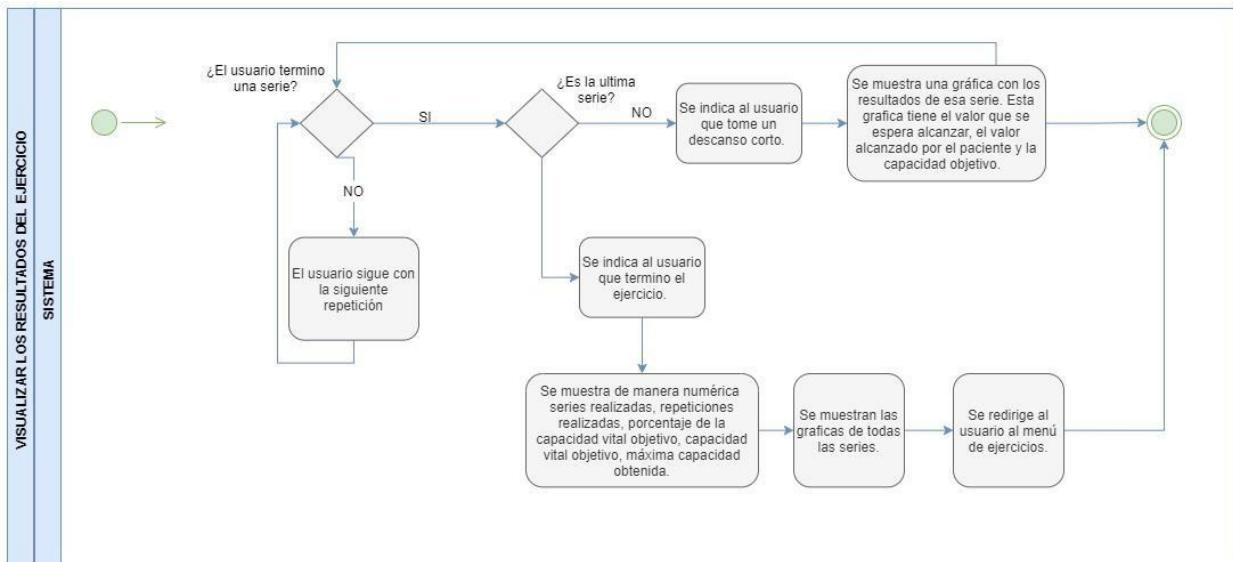


Figura 3.18: Diagrama de secuencia para visualizar los resultados del ejercicio realizado por el paciente.

Ya para finalizar con el diseño de la propuesta, se da a conocer los Mockups del videojuego.

3.5.3 Mockups

Mockups es la primera fase o boceto previo en el diseño de un videojuego, donde se podrá conocer el diseño artístico y la ambientación en general con la que contará el juego antes de llegar a su fase final. Es así, como a continuación se da a conocer algo de este boceto previo para el videojuego denominado como InspirApp.

1. Bienvenido a la App, donde se abren dos opciones: i). Ingresar, en caso de que tengas usuario y contraseña o ii). Crear tu nueva cuenta. Ver figura 3.19.



Figura 3.19: Bienvenida de la app

2.

A. Ingresar: Escribir Usuario y Contraseña. Ver figura 3.20.

En caso de ser nuevo y no contar con una cuenta y una contraseña se debe elegir:

B. Crear Cuenta: Para crear la cuenta se requerirá de algunos datos como la selección de género. Ver figura 3.21.

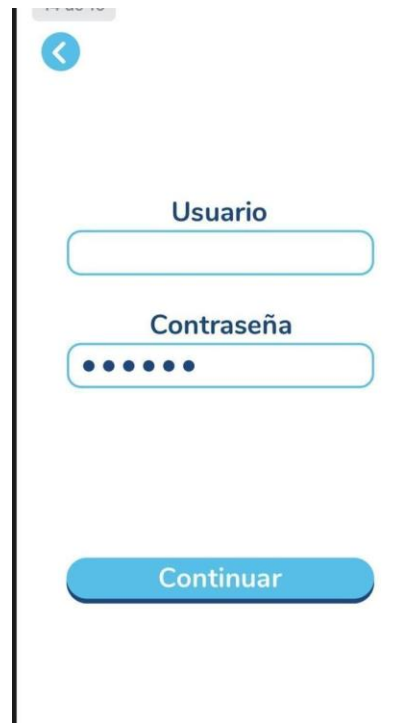


Figura 3.20: Ingreso



Figura 3.21: Selección de género

3. Crear cuenta: Seleccionar edad y altura con el fin de crear una capacidad vital estimada, posteriormente se deberá crear una cuenta digitalizando el número de cédula y nombres completos. Ver figura 3.22.

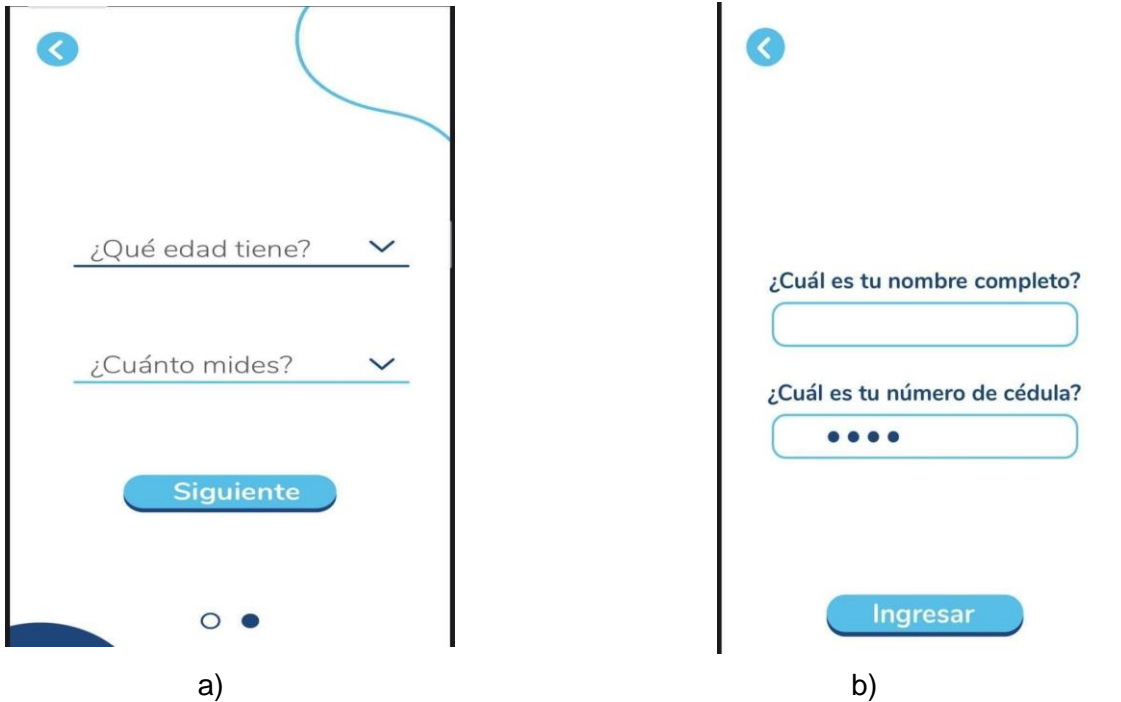


Figura 3.22: a) digitalizar edad y altura, b) Digitalizar nombres y número de cédula.

4. Con lo anterior se crea una cuenta, donde hay que digitar un nuevo usuario y contraseña. Ver figura 3.23.



Figura 3.23: Creación de la nueva cuenta

5. Una vez se inicie la sesión el usuario encontrará la opción de realizar fisioterapia o consultar las instrucciones. Ver figura 3.24.



Figura 3.24: Opciones a realizar

- A. Al iniciar directamente con la opción de realizar fisioterapia, la aplicación mostrará la numeración del 1 al 5, es decir, se mostrará los 5 ejercicios disponibles en la aplicación: ver figura 3.25.
- Ejercicio 1). Inspiración Profunda,
 - Ejercicio 2). Patrón Diafragmático,
 - Ejercicio 3). Suspiros Inspiratorio,
 - Ejercicio 4). Espiración Abreviada,
 - Ejercicio 5). Inspiración Fraccionada en tiempo

Al seleccionar cualquiera de los 5 ejercicios se desplegará la descripción teórica en forma de instrucción del ejercicio correspondiente. (Número de series y repeticiones). Ver figura 3.26.



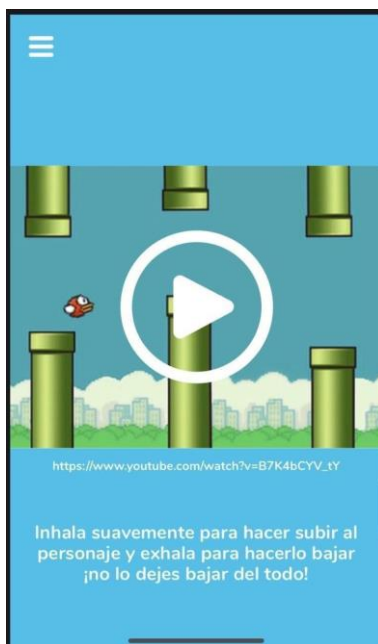
Figura 3.25: Ejercicios



Figura 3.26: Descripciones de los ejercicios

6. Inicio del juego. Ver figura 3.27.

El primer modelo del juego fue basado en el popular videojuego Flappy Bird. Modelo que será reemplazado por el propio y original que tendrá la aplicación de Inspirap.



Ver figura 3.27: Inicio del juego.

7. En trabajos futuros, el juego podrá ser interrumpido si la frecuencia respiratoria tiene niveles anormales en el usuario. Es así, como la misma aplicación recomendará al usuario intentar el ejercicio más tarde. Ver figura 3.28.

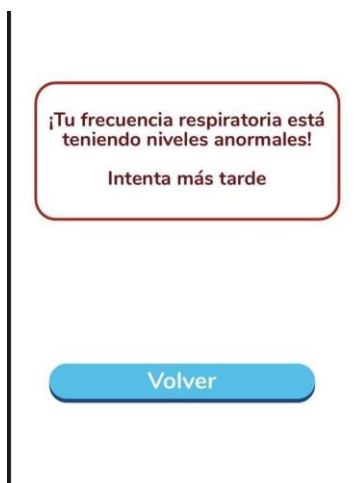


Figura 3.28: Recomendaciones

8. Al terminar cada ejercicio del juego aparecerán los resultados obtenidos en el proceso de este: Progreso, porcentaje de capacidad vital objetivo, indicador de capacidad vital objetivo, máxima capacidad obtenida, número de series y número de repeticiones. Ver figura 3.29.



Figura 3.29: Resultados

Implementación de la propuesta

Al dar inicio con el capítulo cuarto, entraremos en detalle frente a la implementación de la propuesta, donde se hace necesario definir la ecuación que irá al interior de la programación del videojuego para todos y cada uno de los 5 ejercicios a realizar. De igual modo, se dará a conocer las herramientas destinadas para la creación de este proyecto, como lo es el Unity y el lenguaje C#, Firebase Realtime Database y la observación de los resultados obtenidos en las pruebas y encuestas realizadas. Finalmente, se da a conocer la opinión final y concreta emitida por el semillero.

4.1. Ecuaciones

Ecuación de la capacidad vital

La capacidad vital se le define como el volumen del aire máximo que se puede espirar después de la más profunda inspiración posible, lo que quiere decir que cualquier intervención en el movimiento respiratorio normal tendrá como consecuencia una reducción en la capacidad vital [71], siendo además un parámetro que se utiliza para diferenciar las causas de las enfermedades pulmonares. Si está disminuido, indica el diagnóstico de enfermedad pulmonar restrictiva, mientras que en el caso de enfermedad pulmonar obstructiva, la CV suele ser normal o estar ligeramente disminuida. [72]

Es así como la capacidad vital de una persona se puede calcular así, ver figura 4.1:

Sexo	Ecuación
Mujer	$\text{altura} * (21.78 - 0.101 * \text{edad})$
Hombre	$\text{altura} * (27.63 - 0.112 * \text{edad})$

Tabla 4.1: ecuaciones de la capacidad vital

La altura debe ser dada en centímetros (cm) y el resultado se expresa en centímetros cúbicos (cm³).

La función pulmonar es controlada mediante una prueba ventilatoria llamada espirometría. En el examen, se miden cuatro volúmenes pulmonares:

- VRI: volumen de reserva inspiratoria
- VC: volumen corriente
- VRE: volumen de reserva espiratoria
- VR: volumen residual

Se deberán calcular las capacidades pulmonares, para que los resultados sean interpretados, que son:

- CPT: capacidad pulmonar total
- CI: capacidad inspiratoria
- CV: capacidad vital
- VRF: volumen residual funcional

La fórmula de la capacidad vital es basada en mediciones de volumen pulmonar:[72]

$$CV = VRI + VC + VRE$$

Siendo:

- VRI: Volumen de reserva inspiratorio
- VC: Volumen corriente
- VRE: Volumen de reserva espiratorio

Al tener esta fórmula de la capacidad vital ahora se tienen que transformar los ml que arroja la fórmula a posiciones relativas a la pantalla en Unity con lo cual se hallaron los siguientes datos:

- CMS (Cota en ml superior) = $CV - VRE$
- CMI (Cota en ml inferior) = $VRE = 1100\text{ml}$
- PRS (Posición relativa superior) = $0.8f$
- PRI (Posición relativa inferior) = $-0.8f$

Con esta información se tienen dos puntos de referencia (PRI, CMI) y (PRS, CMS) con esos se halla la pendiente de la línea recta que los intercepta.

$$M = (CMS - CMI)/(PRS - PRI)$$

Y finalmente con esta pendiente se pueden hallar la posición que corresponden los ml en la pantalla y una posición en la pantalla a cuantos ml corresponde utilizando las siguiente fórmulas:

$$1. PU(ML) = (ML - CMI + M * PRI) / M$$

$$2. CM(Y) = (M * (Y - PRI) + CMI) - CMI$$

Donde:

- PU(ML) Es la posición en Unity correspondiente a los ml.
- CM(Y) Es la cantidad de mililitros que le corresponde a una posición Y en Unity

4.2. Algoritmos y consideraciones técnicos

Algunos tips técnicos para el desarrollo de esta aplicación constituyen la inicialización de Firebase en Unity y como guardar y recibir datos de la Realtime Database de Firebase.

Inicializar Firebase en Unity:

Después de que se hayan realizado todos los pasos necesarios para la correcta configuración de Firebase en Unity [73], se tendrá que inicializar Firebase usando el código de la Figura 4.2 el cual invoca un evento de Unity que nos hará saber si todo está configurado correctamente, de lo contrario imprime la excepción con la causa del fallo en el inicio de Firebase.

```

public class FirebaseInit : MonoBehaviour
{
    public UnityEvent OnFirebaseInitialized = new UnityEvent();
    ⊗ Mensaje de Unity | 0 referencias
    void Start()
    {
        Firebase.FirebaseApp.CheckAndFixDependenciesAsync().ContinueWithOnMainThread(task => {
            if (task.Exception != null) {
                Debug.LogError($"Failed to init Firebase {task.Exception}");
                return;
            }
            OnFirebaseInitialized.Invoke();
        });
    }
}

```

Figura 4.2: Inicialización de Firebase en Unity

Obtener la referencia, guardar, recibir y comprobar existencia:

Ahora ya con Firebase inicializado correctamente en Unity se obtendrá una referencia a la Realtime Database para con esta lograr hacer las operaciones básicas de guardar, recibir y comprobar la existencia de un paciente [74]. Como se puede ver en la Figura 4.3 se obtienen las instancias por defecto de la base de datos y con ella se hacen las operaciones de guardar, cargar un paciente y comprobar la existencia de un paciente.

```

private FirebaseDatabase database;
private DatabaseReference databaseReference;

⊗ Mensaje de Unity | 0 referencias
private void Start()
{
    database = FirebaseDatabase.DefaultInstance;
    databaseReference = FirebaseDatabase.DefaultInstance.RootReference;
}

1 referencia
public void SavePatient(PatientModel dataPatient) {
    databaseReference.Child("patients").Child(dataPatient.username).SetRawJsonValueAsync(JsonUtility.ToJson(dataPatient));
}

1 referencia
public async Task<PatientModel> LoadPatient(string username) {
    var dataSnapshot = await database.GetReference("patients").Child(username).GetValueAsync();
    if (!dataSnapshot.Exists) {
        return null;
    }
    return JsonUtility.FromJson<PatientModel>(dataSnapshot.GetRawJsonValue());
}

1 referencia
public async Task<bool> PatientExists(string username) {
    var dataSnapshot = await databaseReference.Child("patients").Child(username).GetValueAsync();
    return dataSnapshot.Exists;
}

```

Figura 4.3: Operaciones básicas con la base de datos

Debido a que la Realtime Database tiene una estructura de guardado de datos en forma de árbol ver Figura 4.4 se puede apreciar que los pacientes se guardan bajo la rama de “patients” dentro de esa rama se crea otra con su nombre de usuario y finalmente dentro de esta se guardan los datos del Patient Model transformados en Json. De igual manera para cargar un paciente o comprobar su existencia se entra bajo la rama “patients” y se obtienen los datos del paciente con el username pasado por parámetro en la función, al cargar se pregunta si existe ese paciente, si no existe retorna null de lo contrario se obtiene la información de ese usuario en formato Json y se transforma al tipo de dato Patient Model y se retorna, en el caso de comprobar su existencia devuelve el valor de si ese paciente existe o no.



Figura 4.4: Realtime Database estructura de árbol al guardar pacientes

Luego de conocer las ecuaciones de la capacidad vital, se determinan las herramientas empleadas en la realización de este proyecto.

4.3. Selección de herramientas en la propuesta

4.3.1 Unity y el lenguaje C#

Es una herramienta para la creación de videojuegos, desarrollada por la empresa

denominada como Unity Technologies en 2005 y la cual brinda una gran y completa gama de opciones para la creación, seguimiento por medio de análisis de los jugadores del videojuego e incluso, brinda una posible monetización del mismo[75]. Algunos de los juegos más conocidos creados por el motor de Unity son: Super Mario Run, Pokémon Go, Resident Evil: Umbrella Corps y Temple Run; por otra parte, el motor de Unity también ha sido capaz de dar origen a la mini series animadas como Big Hero.[75]

C#, UnityScript y Boo son los lenguajes más utilizados por Unity para el desarrollo de videojuegos; en esta ocasión, se ha realizado la aplicación por medio del lenguaje C#, puesto que es un lenguaje orientado a objetos y el cual en los últimos años se le ha dado una gran importancia en el mundo de la programación, esto, por el uso del mismo en grandes compañías y por la facilidad de emplearse en diferentes proyectos. Otra de las grandes ventajas que representa el lenguaje de C# hoy en día es su capacidad de proporcionar una ejecución en multiplataformas [76].

4.3.2. Firebase Realtime Database

Gracias a esta herramienta se puede hacer un almacenamiento y sincronización de los usuarios en tiempo real, de este modo, se evitará el engorroso proceso de presentar una solicitud de consulta al servidor de nuestra aplicación. Todos los datos almacenados serán guardados como objetos JSON. [77]

La herramienta Firebase Realtime Database brinda un caché de respaldo de almacenamiento en el caso de que se pierda la conexión momentáneamente. Igualmente, brinda una seguridad de todos los datos registrados en la misma, esto con el fin de evitar la extracción de información por terceros. [77]

Respecto al tema organizacional, Firebase Realtime Database permite al administrador tener una sola base de datos por aplicación para todas las plataformas donde se encuentre disponible (Android, ios y web). [77]

Además, Firebase tiene su propio SDK para importar en Unity y es fácilmente configurable ya que, permite la utilización de Firebase desde el ambiente de Unity. [73]

Es hora ya de conocer los resultados obtenidos por el proyecto. Es en este subcapítulo es donde se encontrarán los aspectos claves como el manual de usuario, la estructuración para la realización de pruebas, simulación del videojuego y opiniones del semillero.

4.4 Resultados:

4.4.1. Manual de usuario

El manual de usuario es la herramienta escrita y didáctica donde el usuario del videojuego podrá obtener una asistencia en el uso adecuado de la aplicación. Al interior de esta guía se podrá encontrar información respecto a los controles del juego, registro de nuevo usuario, como comenzar a jugar y la explicación de los diferentes escenarios que puede surgir en el curso de todo el videojuego. Ver anexo 1.0.

4.4.2. Realización de pruebas

Seguidamente, se describen las características que se tuvieron en cuenta para la elaboración del formulario a los usuarios, las pruebas de usabilidad están basadas en el Modelo de atributos de usabilidad conceptual y criterios medibles [78]. La tabla muestra los criterios de evaluación.

Criterios de usabilidad	Pregunta
<i>Tolerancia al error</i>	
[ET1] Mensajes sobre cómo realizar los ejercicios.	¿Considera que las instrucciones del juego son útiles y claras?
<i>Satisfacción</i>	

[S1] La conveniencia del sistema y las tareas del usuario.	<p>¿Qué tan interesante le pareció el juego?</p> <p>¿Consideras atractivo el uso del juego propuesto como alternativa para realizar fisioterapias respiratorias?</p>
[S2] Opinión del usuario sobre la experiencia del usuario.	<p>¿Las actividades presentadas en el juego te parecen entretenidas?</p> <p>¿Esta aplicación te motivaría si tuvieras que realizar terapias respiratorias?</p> <p>¿Crees que esta aplicación podría ayudar con el mejoramiento de la salud respiratoria para pacientes que necesitan realizar este tipo de rehabilitaciones?</p>
[S3] Opinión del usuario sobre frustración o confusión.	¿El grado de dificultad que encontró al usar el juego fue adecuado?
<i>Aprendizaje</i>	
[L1] Visibilidad clara del estado del sistema y una idea de que hacer a continuación.	¿La interfaz gráfica era clara?
[L2] Las tareas del usuario no son correctas.	¿Conseguiste con facilidad entender la dinámica del juego?
<i>Generales</i>	

Después de haber realizado el análisis, y con los criterios evaluativos mencionados, totalmente de acuerdo, algo de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, algo en desacuerdo y totalmente en desacuerdo. Con los resultados obtenidos, se encontró que los usuarios consideraron el juego como bueno para la ejecución de terapias respiratorias para pacientes COVID 19

Igualmente, se identificaron aspectos a mejorar como el implemento de más ejercicios, mejorar instrucciones y la adecuada estimulación de acuerdo con las edades que tenga cada paciente. Esta última recomendación se haría para paciente mayores a 80 años quienes quizás no pueden mostrar el mismo entusiasmo por la unión de la tecnología y la fisioterapia. Ver Anexo 1.2: Encuesta

Respecto a los resultados adquiridos por medio de las encuestas, se tomó en cuenta la observación para mejorar la parte explicativa de los ejercicios, es por tanto, que al inicio de cada uno de los ejercicios se brinda una explicación escrita y gráfica del proceder de cada uno de ellos. Igualmente, teniendo en cuenta las observaciones dadas por el público en general, se corrigieron y se mejoró las gráficas del videojuego. Estos dos aspectos mejorados gracias a las encuestas realizadas, permitieron su oportuna modificación con el fin de que el paciente tenga una completa información de las instrucciones requeridas para una correcta ejecución del ejercicio.

4.4.3. Simulaciones

En el inicio del desarrollo del juego la simulación en el computador y el dispositivo móvil estuvo a cargo, respectivamente, de las teclas y los toques en la pantalla táctil, esto, cada vez que el usuario del videojuego respiraba. Una vez se recolectó esta información en el proceso de creación del juego, la aplicación se encuentra lista para que sea conectado el Software con el Hardware y así los datos de inspiración y expiración ya sean recolectados a través del Hardware. Gracias a una función que permite transformar el volumen recibido en la correspondiente posición relativa en el juego.

En la imagen mostrada a continuación se calcula la pendiente, como se mencionó anteriormente, en la descripción de la ecuación esta se encuentra para poder calcular la posición de ml con la posición en y de manera contraria.

```

void Start()
{
    slopeConstant = (maxCapacity - minCapacity) / (ROOF_POSITION - FLOOR_POSITION);
}

```

Luego, se llama a esta función quien es la encargada de obtener la posición absoluta en mililitros.

```

2 referencias
public static float GetAbsolutPositionFromMl(float positionInMl)
{
    return (positionInMl - minCapacity + slopeConstant * FLOOR_POSITION) / slopeConstant;
}

```

De este modo, luego de conocer paso a paso la evolución de la simulación en la aplicación desarrollada, se pasó a recolectar las opiniones finales del semillero.

4.4.4. Opiniones del semillero

1. La simulación de los datos obtenidos no es muy clara cuando se obtienen por medio de las teclas, clics ó toques en la pantalla táctil.
 - Con base a este punto se desarrolló un algoritmo que puede recibir cualquier tipo de volumen y transformar este en la correspondiente posición relativa en el juego.
2. Se recomienda hacer una integración para recibir la información del hardware.
 - Se propone desarrollar esta parte en los trabajos futuros.
3. No se le indica al paciente el impacto que tiene en su salud realizar correcta o incorrectamente los ejercicios respiratorios, es decir, no hay un informe o una instrucción que indique al paciente el impacto favorable o desfavorable que puede tener la adecuada o inadecuada ejecución de los ejercicios.
 - Se incluye la recomendación en el software por medio de un aviso donde el paciente debe confirmar que lo ha comprendido.
4. No se evidencia en la nutria el esfuerzo que debe realizar el paciente al respirar.
5. Se estima que para el paciente no es claro la trayectoria que debe realizar con la nutria.
6. Se recomienda la creación de la barra que grafique el volumen que inspira el

paciente, esto, como una guía para el usuario y así mostrar el desarrollo del ejercicio.

7. Se recomienda acoger los comentarios de reuniones anteriores: Evitar el que sea bajo el agua.
8. Se recomienda una contextualización más profunda sobre el propósito y el objetivo de los ejercicios.
9. Se recomienda que el proyecto continúe con su desarrollo en el futuro.
10. Se recomienda explicar que significa una repetición y una serie.
11. Se recomienda explicar al paciente la mecánica de la nutria al interior del videojuego. Esto podría ser a través de un demo.
12. Incluir un reporte final de toda la acción del paciente.
13. Se propone hacer la prueba con otro dispositivo móvil para la transmisión exacta de la información y así comprobar la correcta gamificación.
14. Se recomienda indicarle al paciente que sucede si realiza bien o mal los ejercicios.
15. Se propone dar la opción de enviar la información al paciente una vez se hayan realizado los ejercicios.
16. Se recomienda notificar al paciente cuál fue el resultado de la realización de sus terapias.
17. Se recomienda graficar la trayectoria que realizó el paciente por medio de la nutria y contrastar con la trayectoria que debería haber realizado.

El último capítulo de nuestro proyecto estará dedicado única y exclusivamente a resaltar la conclusión final de todo nuestro proceso y a dar a conocer trabajos futuros que permitan la continuación del mismo.

5.1 Conclusiones

El reto principal que se planteó al inicio de este proyecto fue la creación de un videojuego enfocado en los Serious Games, el cual permitiera la realización de fisioterapias desde casa para la reexpansión de la capacidad pulmonar en pacientes quienes hayan sufrido una afección en los pulmones a consecuencia del paso por su organismo del COVID 19.

Desde un principio se consideró el proyecto como altamente innovador, puesto que el videojuego permitiría la estimulación de una pronta recuperación, añadiendo además un proceso fisioterapéutico sin interrupción desde casa, objetivo que se cumplió al final de su desarrollo.

A lo largo del desarrollo de todo el proceso de creación y fabricación del videojuego se propuso el dotar al mismo con todas las herramientas requeridas para una guía y seguimiento de resultados completo, es así, como prácticamente se logró personalizar el videojuego de acuerdo al ritmo, los intervalos y la dificultad de los cinco ejercicios graduados de acuerdo a los datos físicos personales suministrados por el paciente y los datos médicos especializados ingresados por el fisioterapeuta de acuerdo a las necesidades de cada paciente. La capacidad y las herramientas brindadas anteriormente descritas fue lo que reflejó los positivos resultados de las encuestas realizadas a los usuarios del videojuego.

La creación de este videojuego logró demostrar cómo la categoría de los Serious Games continúa obteniendo una buena acogida entre los usuarios, esto, reflejada en las encuestas realizadas la aplicación, donde también se logró reflejar el entusiasmo, la apropiación y la gran interacción entre el usuario y la aplicación, su propósito de recuperación y el videojuego como un medio que facilita y hace menos traumático la recuperación de una afección pulmonar.

Finalmente, se logró implementar un prototipo funcional de un videojuego que contribuye a la realización de fisioterapia respiratoria a través del inspirómetro, con

esto, se deja un gran punto de referencia para la fomentación y continuación del desarrollo de los Serious Games en el campo de la salud respiratoria, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este proyecto y la enorme huella que dejará la pandemia ocasionada por el COVID 19 en el futuro.

Como se ha reflejado en el texto anterior, son muchos y muy positivos todos los aspectos que resalta la conclusión de este gran proyecto, y es, por tanto, que el desarrollo de este no se puede estancar aquí, en su primer paso. Siguiendo con esa corriente a continuación se mencionan los trabajos futuros.

5.2 Trabajos futuros

5.2.1 Interacción del fisioterapeuta con la aplicación:

El fisioterapeuta desde el inicio del proyecto le asignó una visión diferente a la del usuario en el uso del videojuego, esto, puesto que vía aplicación el fisioterapeuta está encargado de suministrar los datos requeridos al videojuego para el correcto funcionamiento del mismo de acuerdo al paciente. En un futuro, se espera que esta experiencia y la relación entre el fisioterapeuta, el paciente y la aplicación se estrechen aún más, esto, con el fin de obtener cada vez una mayor eficiencia que contribuya de forma positiva en el proceso de recuperación del paciente.

5.2.2 Seguimiento del fisioterapeuta con el paciente:

La relación que se deriva del control y seguimiento de todos los pasos que realice el paciente en el videojuego serán registrados en una base de datos única, la cual permita que el fisioterapeuta tenga un acceso real a los datos en el proceso de recuperación del usuario y pueda así ajustar los ejercicios próximos para su continuación.

5.2.3 Trayectoria de los ejercicios por parte del paciente:

El paciente tiene la opción de elegir entre 5 ejercicios aptos para su recuperación,

se espera que en un futuro se pueda incrementar un mayor número de ejercicios con un mayor nivel de dificultad para procesos de recuperación más avanzados.

Bibliografía

[1] C. Wang, R. Pan, X. Wan, Y. Tan, L. Xu, C. S. Ho, and R. C. Ho, “Immediate psychological responses and associated factors during the initial stage of the 2019 coronavirus disease (covid 19) epidemic among the general population in China,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 5, 2020.

[2] J. C. Rivillas-García, R. Murad-Rivera, S. M. Sánchez, D. Rivera-Montero, M. Calderón Jaramillo, L. M. Castaño, and M. Royo, “Respuesta social a las medidas del gobierno para controlar el nuevo coronavirus durante la etapa temprana en colombia, 8-20 de abril de 2020.,” *Estudio SOLIDARIDAD Profamilia*, 2020.

[3] S. K. Brooks, R. K. Webster, L. E. Smith, L. Woodland, S. Wessely, N. Greenberg, and G. J. Rubin, “The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence,” *The Lancet*, vol. 395, no. 10227, pp. 912–920, 2020.

[4] J. Shigemura, R. J. Ursano, J. C. Morganstein, M. Kurosawa, and D. M. Benedek, “Public responses to the novel 2019 coronavirus (2019-nCoV) in Japan: Mental health consequences and target populations,” *Psychiatry Clin Neurosci*, vol. 74, pp. 281–282, 04 2020.

[5] BBC Brasil, “Secuelas del coronavirus: Los pacientes que siguen sufriendo problemas tras haber superado el COVID 19”. BBC Brasil. Agosto 2020

[6] “COVID 19” The Journal of the American Medical Association. Agosto 2020

[7] M.H Armenta, “Más de 22 millones de consolas se han vendido en la pandemia”. Forbes Colombia. Diciembre del 2020

[8] M. Lazzeri, A. Lanza, R. Bellini, A. Bellofiore, S. Cecchetto, A. Colombo, F. D’Abrosca, C. Del Monaco, G. Gaudiello, M. Paneroni, *et al.*, “Respiratory physiotherapy in patients with covid-19 infection in acute setting: a position paper of the italian association of respiratory physiotherapists (arir),” *Monaldi Archives for Chest Disease*, vol. 90, no. 1, 2020.

[9] L.-L. Yang and T. Yang, “Pulmonary rehabilitation for patients with coronavirus disease 2019 (covid-19),” *Chronic Diseases and Translational Medicine*, vol. 6, no. 2,

pp. 79–86, 2020. SPECIAL ISSUE: Coronavirus Disease (COVID-19).

[10] L. Hilling, E. Bakow, J. Fink, C. Kelly, D. Sobush, and P. A. Southorn, “Aarc (american association for respiratory care) clinical practice guideline. incentive spirometry,” *Respiratory Care*, vol. 36, no. 12, pp. 1402–5, 1991.

[11] R. A. Española, “Ludificación.” Disponible en <https://www.rae.es/observatorio-de-palabras/ludificacion>.

[12] O. A. L. Dictionary, “Definition of gamification noun.” Disponible en <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/gamification1>.

[13] D. C. Angarita Rodriguez and J. Giaimo, “Use of mobile devices in physiotherapy,” *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, vol. 28, pp. 1–13, 06 2017.

[14] S. Rutkowski, A. Rutkowska, P. Kiper, D. Jastrzebski, H. Racheniuk, A. Turolla, J. Szczegielniak, and R. Casaburi, “Virtual Reality Rehabilitation in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Randomized Controlled Trial,” *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, vol. 15, pp. 117–124, 2020.

[15] R. P. Carbonera, F. M. Vendrusculo, and M. V. F. Donadio, “Physiological responses during exercise with video games in patients with cystic fibrosis: A systematic review,” *Respiratory Medicine*, vol. 119, pp. 63–69, 2016.

[16] O. P. de la Salud, *Marco de implementación de un servicio de telemedicina*. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud, 2016.

[17] Anónimo “Mapa de Coronavirus en el mundo: Caos, muerte y últimos datos de evolución” Rtve Pág 1. Mayo 2021

[18] Anónimo “Protegiendo la diversidad y la dignidad humana” Defensoría del pueblo pág 55. Abril 2018

[19] B. Gómez. “On serious Games” On serious Games marzo 2018

[20] Anónimo, “MalariaSpot” Malaria Spot Mayo 2021

[21] M. R. Güell Rous, J. Luis Díez Betoret, and J. Sanchis Aldás, “Rehabilitación respiratoria y fisioterapia respiratoria. un buen momento para su impulso,” *Archivos de Bronconeumología*, vol. 44, no. 1, pp. 35–40, 2008.

[22] J. M. Carroll, *HCI models, theories, and frameworks: Toward a multidisciplinary science*. El sevier, 2003.

[23] M.A. Spruit , S.J. Singh, C. Garvey, R. ZuWallack, L Nici, C. Rochester, et al.

An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2013 Oct 15 [cited 2014 Jul 9];188(8):e13–64.

[24] C.E. Bolton, E.F. Bevan-Smith, J.D. Blakey, P. Crowe, S.L. Elkin, R. Garrod , et al. British Thoracic Society guideline on pulmonary rehabilitation in adults. *Thorax* [Internet]. 2013 Sep [cited 2016 May 11];68 Suppl 2:ii1–30.

[25] M. R. Güell Rous, J. Luis Díez Betoret, and J. Sanchis Aldás, “Rehabilitación respiratoria y fisioterapia respiratoria. un buen momento para su impulso,” *Archivos de Bronconeumología*, vol. 44, no. 1, pp. 35–40, 2008.

[26] A. Arbillaga, M. Pardás, R. Escudero, R. Rodriguez, V. Alcaraz, S. Llanes, B. Herrero, Elena Gimeno, y A. Ríos, “Fisioterapia respiratoria en el manejo del paciente con COVID-19: recomendaciones generales”. versión 1.0. España. Octubre - Diciembre 2020.

[27] A.K. Simonds, A. Hanak, M. Chatwin, M. Morrell, A. Hall, K.H. Parker, et al. Evaluation of droplet dispersion during non-invasive ventilation, oxygen therapy, nebuliser treatment and chest physiotherapy in clinical practice: implications for management of pandemic influenza and other airborne infections. *Health Technol Assess*. 2010

[28] Association of Chartered Physiotherapists in Respiratory Care. COVID 19: Respiratory Physiotherapy On Call Information and Guidance. Version 1. [Internet] 12 de Marzo de 2020.

[29] Ministerio de Sanidad. Manejo clínico del COVID-19: unidades de cuidados intensivos. Publicado 19 Marzo 2020

[30] J. M. Carroll, *HCI models, theories, and frameworks: Toward a multidisciplinary science*. El sevier, 2003.

[31] J. J. Gutiérrez, “¿qué es un framework web?.” Disponible en http://www.lsi.us.es/~javierj/investigacion_ficheros/Framework.pdf.

[32] e. a. Bill Wagner, “A tour of the c language.” Disponible en <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/tour-of-csharp/>, 2021.

[33] Anónimo, “Espirometría”. Rioja Salud. Enero 2015

[34] Figura 2.3: Inspiometro. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fc/Spirometer-es.svg/300px-S>

pirometer-es.svg.png

[35] L. Ferrin, “Conozca el proyecto que busca re-expandir los pulmones de pacientes con covid-19.” Disponible en <https://www.javerianacali.edu.co/noticias/conozca-el-proyecto-que-busca-re-expandir-los-pulmones-de-pacientes-con-covid-19>, 2020.

[36] Figura 2.4: Partes de un inspirometro. https://www.drugs.com/cg_esp/como-utilizar-un-espirómetro-incentivo.html, 2021.

[37] Figura 2.5: Cómo utilizar un Inspirometro. https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.mskcc.org%2Fes%2Fcan-cer-care%2Fpatient-education%2Fhow-use-your-incentive-spirometer&psig=AOvVaw3Ph3YHg_Z--R-UWpBqniY0&ust=1622334932413000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCOjTrYXT7fACFQAAAAAdAAAAABAD, 2012

[38] Figura 2.6: Inspirometro en la actualidad. https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Finstrumentalenfermero.blogspot.com%2F2012%2F12%2Finspirometro-incentivado.html&psig=AOvVaw1icAKito-n_zs1KgAZF-oz&ust=1622335478386000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCODr2unU7fACFQAAAAAdAAAAABAD, 2012

[39] Y. Y. Tan, S. Tabirca, B. J. Plant, and T. Vagg, “Using a mobile game application to monitor well-being data for patients with cystic fibrosis,” in Proceedings of the 14th International Conference on Advances in Mobile Computing and MultiMedia, MoMM '16, (New York, NY, USA), p. 195–198, Association for Computing Machinery, 2016.

[40]. E. G Vega. “*Espirometría*” Slideshare noviembre 2012

[41]. Anónimo, “*Tabaquismo y la Epoc*” Medlineplus. Octubre 2019. [Online] <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000696.htm#:~:text=El%20tabaquismo%20es%20la%20principal,el%20revestimiento%20de%20los%20pulmones>.

[42]. Anónimo “*Mapa de Coronavirus en el mundo: Caos, muerte y últimos datos de evolución*” Rtve Page 1. mayo 2021

[43]. R. Martínez “*Dispositivos para una correcta fisioterapia*” Fisioterapia, salud y bienestar. Marzo 2016. [Online].

[44] M.H Armenta. “*Más de 22 millones de consolas se han vendido en pandemia*”. Forbes Colombia. Diciembre del 2020

[45] Anónimo “*Videojuegos nueva polémica*” Videojuegos abril 2017

[46] W. Peng, M. Lee y C. Heeter, “*The Effects of a Serious Game on Role-Taking and Willingness to Help*”, *Journal of Communication*, vol. 60, n.o 4, pp. 723-742, diciembre. 2010. [Online]: <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.2010.01511.x>

[47] C. Rodríguez “*Serious Games: Aprende jugando*” Observatorio del documental interactivo. Enero 2016 [Online]: <https://www.inter-doc.org/seriousgames/>

[48] Anónimo “*Serious Games, videojuegos útiles para pacientes*”. Campus Sanofi agosto 2015. [Online].

[49] Anónimo “*II Congreso Nacional de juegos de Salud*” Conector. Noviembre 2018. [Online]: <http://www.conector.com/llega-el-ii-congreso-nacional-de-juegos-de-salud/>

[50] Anónimo, “*VirtualReHab*” Fandom. Mayo 2017 [Online]. https://revision-de-programas-de-rv-en-rehabilitacion.fandom.com/es/wiki/Virtual_Rehab

[51] B. Gómez. “*On serious Games*” On serious Games marzo 2018

[52] A. Alejandro “*VirtualReHab: Un juego que rehabilita enfermos*” Omnium Games. Septiembre 2013. [Online]: <http://omniumgames.com/virtual-rehab-un-videojuego-que-rehabilita-a-enfermos/>

[53] S. Salama. “*Algunos juegos de Wii son beneficiosos para la fibrosis quística en los niños*” Infosalus. Abril 2011. [Online]: <https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-algunos-juegos-wii-son-beneficiosos-tratamiento-fibrosis-quistica-ninos-20110426151840.html>

[54] E. Emilio “*Aplicaciones para Alzheimer*” Blog Inmentia. Enero de 2021. [Online]: <https://www.imentia.com/blog/tecnologia-para-el-alzheimer/>

[55] C. O’Donovan, P. Grealley, G. Canny, P. McNally, and J. Hussey, “Active video games as an exercise tool for children with cystic fibrosis,” *Journal of Cystic Fibrosis*, vol. 13, no. 3, pp. 341–346, 2014.

[56] A. Oikonomou and D. Day, “Using serious games to motivate children with cystic fibrosis to engage with mucus clearance physiotherapy,” in 2012 Sixth International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems, pp. 34–39, 2012.

[57] R. Wetzel and T. Kreienbühl, “Breathe to dive: Exploring a virtual reality game

for treatment of cystic fibrosis,” in 2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct), pp. 412–416, 2019.

[58] S. Rutkowski, A. Rutkowska, P. Kiper, D. Jastrzębski, H. Rachenik, A. Turolla, J. Szczegielniak, and R. Casaburi, “Virtual reality rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial,” *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*, vol. 15, p. 117, 2020.

[59] N. E. Campos, J. P. Heinzmann-Filho, N. A. Becker, D. Schiwe, M. F. Gheller, I. S. de Almeida, and M. V. F. Donadio, “Evaluation of the exercise intensity generated by active video gaming in patients with cystic fibrosis and healthy individuals,” *Journal of Cystic Fibrosis*, vol. 19, no. 3, pp. 434–441, 2020.

[60] J.M. Cardona, L.M. Valencia, “Sistema Interactivo computacional para la exploración cultural de Tumaco.”, Tesis, Pontificia Universidad Javeriana Cali Facultad de Ingeniería y Ciencias Ingeniería de Sistemas y Computación. Cali, Col. 2020.

[61] Digité, “Kanban Principles & Practices”. [ONLINE] <https://www.digite.com/kanban/what-is-kanban/> . NA

[62] Figura 2.7: Ejemplo de un tablero de kanban. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.ionos.es%2Fdigitalguide%2Fpaginas-web%2Fdesarrollo-web%2Fque-es-kanban%2F&psig=AOvVaw2YPmnWG7yMcSGwyC1PSflx&ust=1622560881132000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCMj-1Lqc9PACFQAAAAAdAAAAABAD>

[63] D. X. Puerta, D. Cruz, “Influencia de la respiración diafragmática en la motricidad fina”. *Acta Colombiana de Psicología* 10, 89-95-03. Colombia, 2003.

[64] J. Bourland, “Breathing lessons, Breathing techniques to reduce stress and depression and increase endurance”. 1, 183-193, 1998.

[65] J.A. Lapaiz, “ Breathe correctly, *Medical of family*”. 35,26-28, 1998.

[66] J.M. Madrid, F. M. Caballeros, P. Bartolomé, A. Quilez, L. Garcia, J. Ciro, “Diafragma elevado en la radiografía de tórax: en qué debemos pensar”, *Seram, Sociedad Española de Radiología Médica. Presentación electrónica educativa*. España. 2019

[67] Figura 3.9: Volumen de reserva inspiratoria. https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fes.wikipedia.org%2Fwiki%2Fcapacidad_pulmonar&psig=AOvVaw0kWrCMxjQ9T-bmV2YRPSA&ust=1622579942241000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLjYjLv9PACFQAAAAAdAAAAABAD

[68] Anónimo, “¿Quién es una persona adulta mayor? Ministerio de Salud Colombia. mayo 2020.

[Online]:<https://www.minsalud.gov.co/proteccion-social/promocion-social/Paginas/envejecimiento-vejez.aspx#:~:text=Generalmente%2C%20una%20persona%20adulta%20mayor,Colombiana%20en%20ese%20mismo%20a%C3%B1o.>

[69] Anónimo, “COVID 19: ¿Quiénes corren un mayor riesgo de contraer síntomas graves? Mayo Clinic. Abril 2021

[Online]:<https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/coronavirus/in-depth/coronavirus-who-is-at-risk/art-20483301>

[70] Anónimo, “Técnicas para Identificar Requisitos Funcionales y No Funcionales”. Metodología Gestion de requerimientos. [Online] <https://sites.google.com/site/metodologiareq/capitulo-ii/tecnicas-para-identificar-requisitos-funcionales-y-no-funcionales>

[71] O. Illanes, O. Correa, “Estudios de capacidad vital en escolares normales”. <Cátedra Extraordinaria de Pediatría del Prof. Anihal Ariztla. 1944. [Online] <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcp/v15n10/art02.pdf>

[72] M. Koperska, “Calculadora de capacidad vital”. Omni. 2020. [Online] <https://www.omnicalculator.com/health/vital-capacity>

[73] Anónimo “Agrega Firebase a tu proyecto Unity” Firebase. Mayo 2021 [Online]: <https://firebase.google.com/docs/unity/setup?hl=es>

[74] Firebase, Getting Started With Realtime Database on Unity - Firecasts (Dic. 19, 2019) [Online Video]: <https://www.youtube.com/watch?v=MbIH4QT3xF8>

[75] P. Rebollo, “Juegos hechos con Unity”. Akademos from IEBSchool. Agosto del 2018 [Online]: <https://www.akademos.es/blog/tecnologia/desarrollo-programacion/juegos-hechos-con-unity/>

[76] Anónimo, “C# (C Sharp)” Lenguajes de Programación. Mayo 2018 [Online]:<https://lenguajesdeprogramacion.net/c-sharp/>

[77] Anónimo “Firebase” Firebase. Junio 2021. [Online]: <https://firebase.google.com/products/realtime-database?hl=es#:~:text=Firebase%20Realtime%20Database%20es%20una,tus%20usuarios%20en%20tiempo%20real>

[78] S. Adhikari and C. McDonald, "User and Usability Modeling for HCI/HMI: A Research Design, 2006 International Conference on Information and Automation,

Shandong”, pp.151 -154. 2006.

Anexo 1.0: Manual de usuario



Atención: El siguiente manual está dirigido a aquellas personas que pueden o no llegar a necesitar la ayuda de un tercero para la realización de los ejercicios en el videojuego. La participación, desarrollo y progreso del videojuego deberá ser monitoreada vía remota por un fisioterapeuta.

Antes de comenzar

La aplicación funcionará en un móvil inteligente conectado a máscara facial y nasal, es decir, el control del videojuego se llevará a cabo por una herramienta similar al diseño de las máscaras de oxígeno.



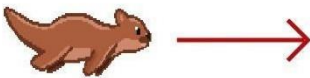
Instrucciones Generales

Antes de iniciar con los ejercicios del videojuego hay una opción de Instrucciones generales.



Al indicar las instrucciones generales se desplegará la siguiente información:

Instrucciones



Realiza períodos de apnea
para mantener al personaje
estable

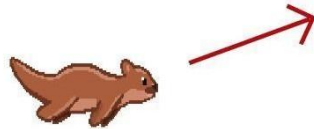
1). Apnea Respiratoria:

La nutria mantendrá movilidad solo en el eje x.



2). Inhala:

Con cada inhalación la nutria subirá en el videojuego.



Inhala para hacerlo subir



3). Exhala:

Con cada exhalación la nutria bajará en el videojuego.



Exhala para hacerlo
bajar

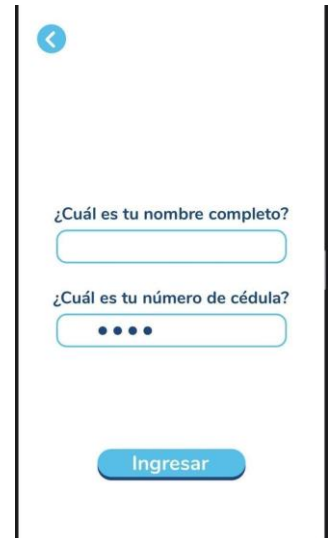
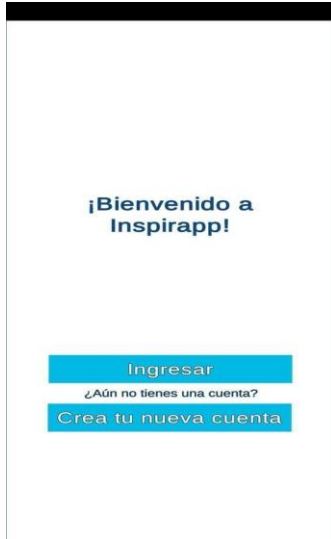


4). Instrucción final: Para completar la fisioterapia exitosamente, la nutria debe surcar por medio de los obstáculos.



Orden de las Pantallas en el videojuego

A continuación, se puede observar el flujo de las ventanas para conocer el orden en el que se van a ir abriendo al usuario:





Ejercicios

- 1 Patrón Diafragmático
- 2 Inspiración Profunda
- 3 Suspiros Inspiratorios
- 4 Espiración Abreviada
- 5 Inspiración fraccionada en tiempo



Inspiración lenta, nasal, hasta alcanzar la capacidad máxima inspiratoria, seguida de una apnea de 3 a 10 segundos, seguida de una inspiración lenta por la boca.

X Series
X Repeticiones

Continuar



MI: 808
MaxMI: 854

Golpes: 0
Serie: 1/3
Reps: 1/1

2500
2000
1500
1000
500
0

V RECORDER



Ejercicio terminado!

Resultados

Numero de Series: 3
Numero de Repeticiones: 1
Porcentaje de capacidad vital objetivo: 80%

Capacidad vital objetivo: 3740.8ml
Máxima capacidad obtenida: 3976ml

Volver

V RECORDER



MI: -70
MaxMI: 2876

Golpes: 0
Serie: 2/3
Reps: 1/1

Tomate un respiro...
Tiempo restante: 4

V RECORDER

Menú de Ejercicios

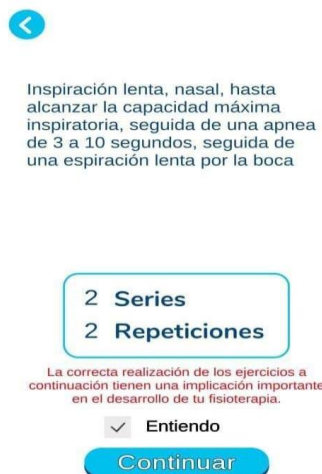
El menú principal consta de 5 opciones en las cuales se incluye el título de cada uno de los 5 ejercicios disponibles en la aplicación.



Al elegir uno de los 5 ejercicios a realizar aparecerá una breve descripción del mismo donde se incluye series y repeticiones adecuadas

Series: Cierta número donde se agrupa una cantidad de repeticiones y las cuales están separadas por un descanso.

Repeticiones: Número de veces seguidas que se repite un mismo ejercicio

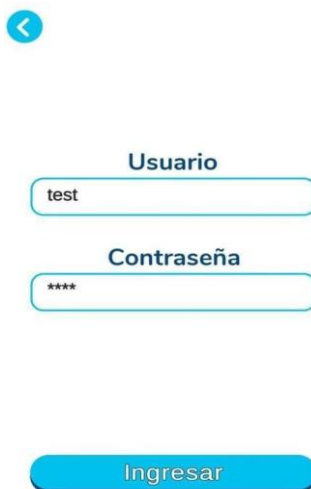


Comienza tu fisioterapia

1). Bienvenido a la App, donde se abren dos opciones: i). Ingresar, en caso de que tengas usuario y contraseña o ii). Crear tu nueva cuenta.



2.A). Ingresar: Escribir Usuario y Contraseña



En caso de ser nuevo y no contar con una cuenta y una contraseña se debe elegir:

2.B) Crear Cuenta: Para crear la cuenta se requerirá de algunos datos como la selección de género



←

Cuéntanos más de ti

¿Cuál es tu género?

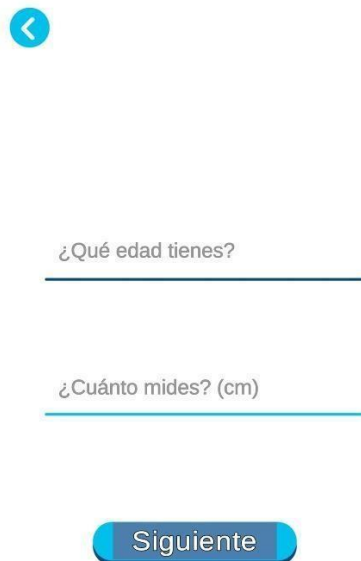
 Mujer

 Hombre

Otro

*Por razones médicas se tendrá que elegir además si tu sexo biológico es hombre o mujer, pero en nuestras bases de datos aparecerás como "otro"

Crear cuenta: Seleccionar edad y altura con el fin de crear una capacidad vital estimada.



←

¿Qué edad tienes?

¿Cuánto mides? (cm)

Siguiente

Crear Cuenta: Digitar número de cédula y nombres completos.



¿Cuál es tu nombre completo?

Juan Camilo Vanegas

¿Cuál es tu número de cédula?

1193121193

Siguiente

Crear Cuenta: Digitar un nuevo usuario y contraseña.



Crea un usuario

Crea una contraseña

Registrarse

3). Una vez se inicie sesión el usuario encontrará la opción de realizar fisioterapia o consultar las instrucciones.



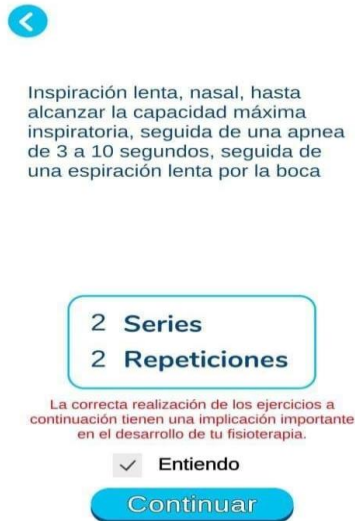
4. A). Al iniciar directamente con la opción de realizar fisioterapia, la aplicación mostrará la numeración del 1 al 5, es decir, se mostrará los 5 ejercicios disponibles en la aplicación. Ejercicio 1). Inspiración Profunda, Ejercicio 2). Patrón Diafragmático, Ejercicio 3). Suspiros Inspiratorios, Ejercicio 4). Espiración Abreviada, Ejercicio 5). Inspiración Fraccionada en tiempo



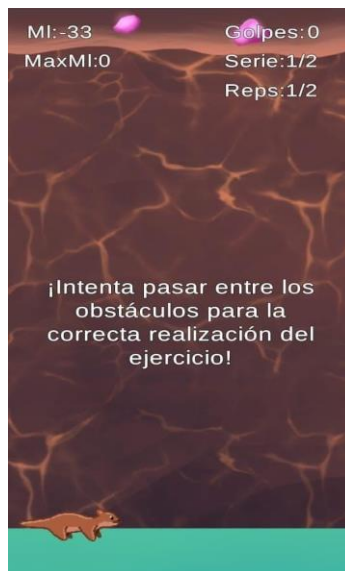
5). Al seleccionar cualquiera de los 5 ejercicios se desplegará la descripción teórica en forma de instrucción del ejercicio correspondiente. (Número de series y repeticiones). Hasta que el usuario no marque la casilla de “entendido” no podrá iniciar la fisioterapia.

Series: Cierta número donde se agrupa una cantidad de repeticiones y las cuales están separadas por un descanso.

Repeticiones: Número de veces seguidas que se repite un mismo ejercicio



6). Instrucción breve por 3 segundos antes de iniciar con la fisioterapia

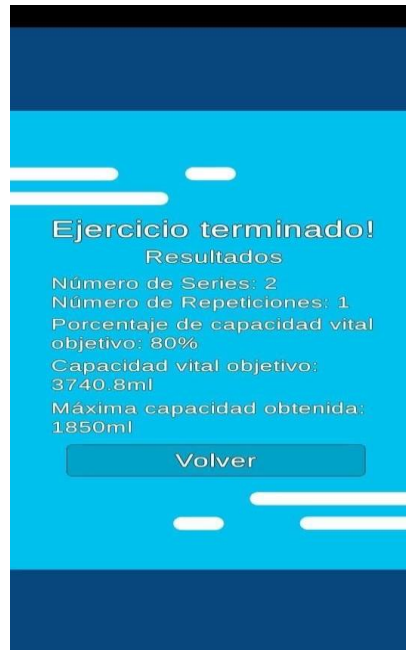


7). Inicia la fisioterapia



Resultados:

Al terminar cada ejercicio del videojuego aparecerán los resultados obtenidos en el proceso de este: Progreso, porcentaje de capacidad vital objetivo, indicador de capacidad vital objetivo, máxima capacidad obtenida, número de series y número de repeticiones



Anexo 1.1: Código de fuente y APK.

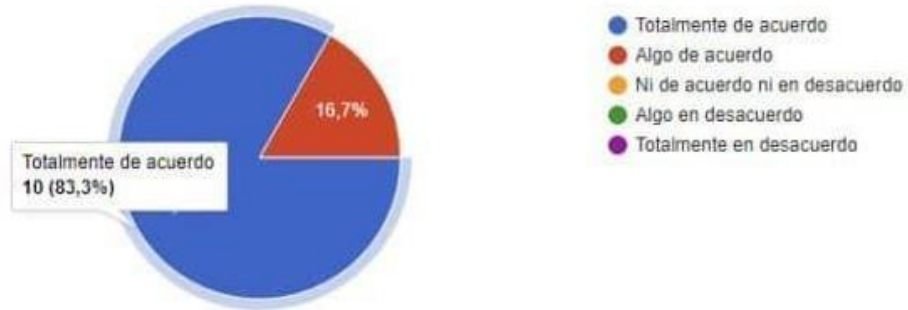
https://drive.google.com/file/d/1dBYB8eOKUBhIFuiMOGSu6nOm_SFAr9Xs/view?usp=sharing

Anexo 1.2: Encuesta.

[ET1] ¿Considera que las instrucciones del juego son útiles y claras?



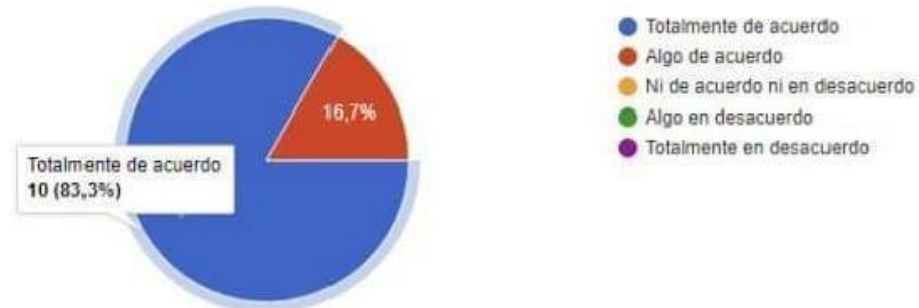
12 respuestas



[S1] ¿El juego le resultó interesante?



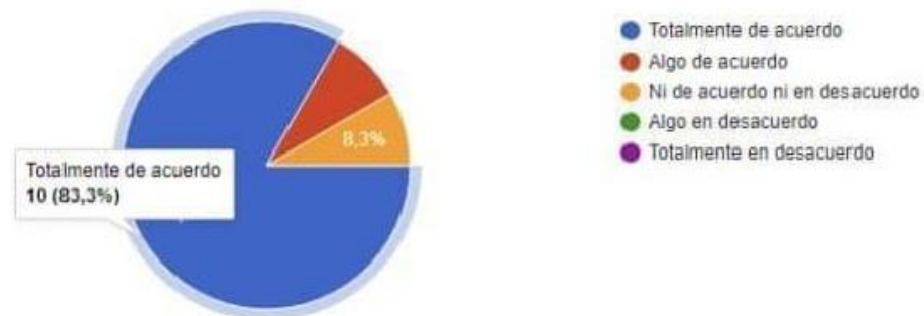
12 respuestas



[S1] ¿Consideras atractivo el uso del juego propuesto como alternativa para realizar fisioterapias respiratorias?



12 respuestas



[S2] ¿Las actividades presentadas en el juego te parecieron entretenidas?



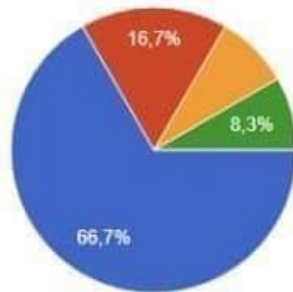
12 respuestas



- Totalmente de acuerdo
- Algo de acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Algo en desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

[S2] ¿Crees que esta aplicación podría ayudar con el mejoramiento de la salud respiratoria para pacientes que necesitan realizar este tipo de rehabilitaciones?

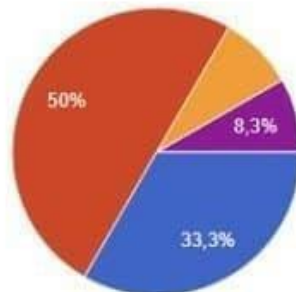
12 respuestas



- Totalmente de acuerdo
- Algo de acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Algo en desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

[S3] ¿El grado de dificultad que encontró al usar el juego fue adecuado?

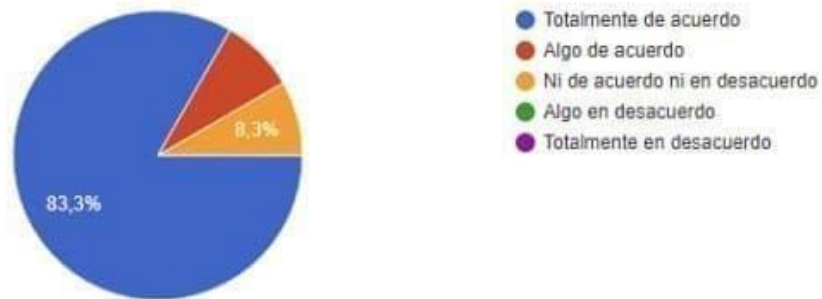
12 respuestas



- Totalmente de acuerdo
- Algo de acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- Algo en desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

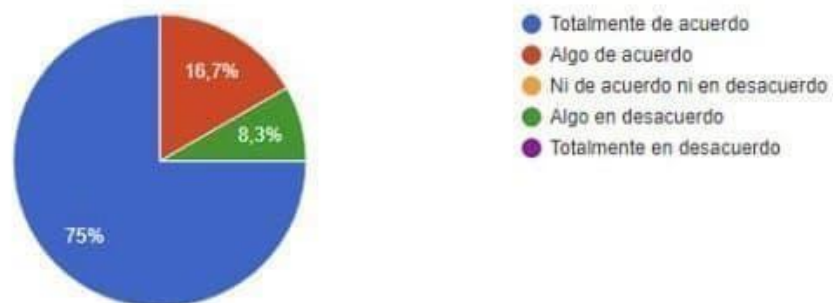
[S2] ¿Esta aplicación te motivaría si tuvieras que realizar fisioterapias respiratorias?

12 respuestas



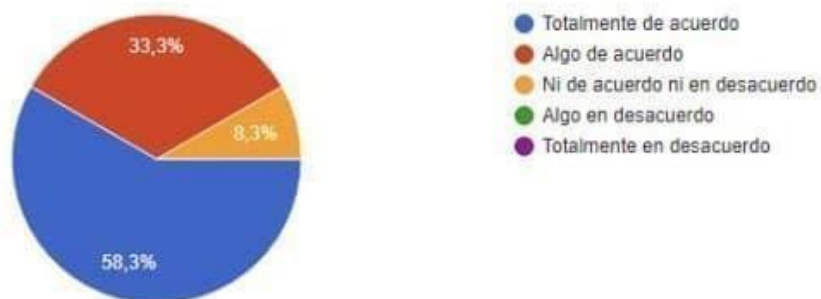
[L2] ¿Conseguiste con facilidad entender la dinámica del juego?

12 respuestas



[L1] ¿La interfaz gráfica era clara?

12 respuestas



¿Qué aspectos mejorarías del juego?

12 respuestas

En desacuerdo de que todas las personas de todas las edades puedan hacer las actividades, pues, se conoce que ciertas personas mayores (de 81, 80 y 76 años hombres y mujeres) no lo harían, ya que no tienen el conocimiento o disposición de aprender. Sin embargo, yo que soy de 73 años me interesa aprender de estas actividades y estaría dispuesta a hacerlo.

Más ejercicios

Tener una base de datos que pueda reenviar tus resultados a un mail o similar

No tengo recomendaciones.

Intentar más modos de juegos diferentes mapas o algo así para cada terapia

Los botones e inputs de la interfaz

Tener algún tipo de retroalimentación sonora al chocar contra los obstáculos.

Esta muy bueno