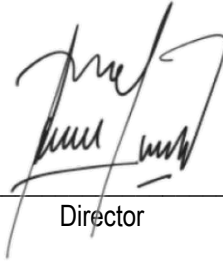


Sistema de monitoreo web y app móvil gamificada, integrados a un inspirómetro digital para incentivar y apoyar las terapias de reexpansión pulmonar

Elizabeth Carolina Moncada Dorado

Nota de Aceptación

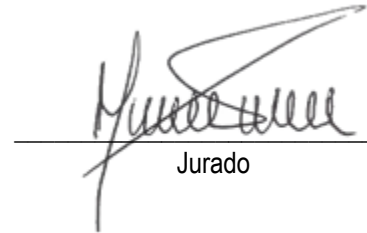
Certificamos que el presente Trabajo de Grado Satisface, en alcances y calidad, todos los requisitos que demanda un Trabajo de Grado de Maestría.



Director

Manuel V. Valencia

Jurado

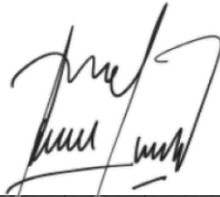


Jurado

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana Cali, para optar el título de Magister en Ingeniería de Software.

Camilo Rocha

HERNÁN CAMILO ROCHA NIÑO Ph. D.
Decano Facultad de Ingeniería y Ciencias



JUAN CARLOS MARTÍNEZ ARIAS
Director Posgrados de Ingeniería y Ciencias

Santiago de Cali, 11 de septiembre del 2023

Santiago de Cali, 26 de Junio de 2023.

Señores

Pontificia Universidad Javeriana Cali.

Ph.D. Luisa Rincón

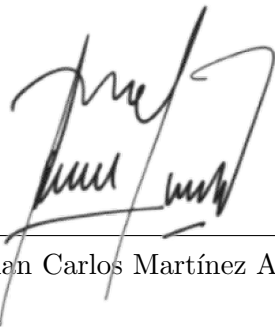
Directora Maestría en Ingeniería de Software.

Cali.

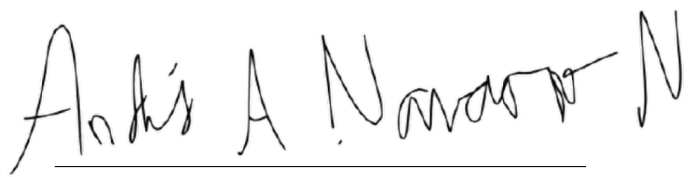
Cordial Saludo.

Por medio de la presente hago constar que en mi calidad de director de trabajo de grado he revisado el proyecto titulado “Sistema de monitoreo web y app móvil gamificada, integrados a un inspirómetro digital para incentivar y apoyar las terapias de reexpansión pulmonar” realizado por la estudiante de Maestría en Ingeniería de Software, Elizabeth Carolina Moncada Dorado (cod: 8927621), el cual se encuentra terminado y considero que cumple con los requisitos para ser sustentado.

Atentamente,



MSc. Juan Carlos Martínez Arias



Ph.D. Andrés Adolfo Navarro Newball

Santiago de Cali, 26 de Junio de 2023.

Señores

Pontificia Universidad Javeriana Cali.

Ph.D. Luisa Rincón

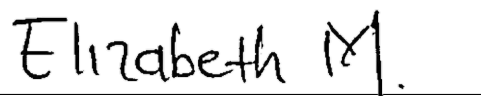
Directora Maestría en Ingeniería de Software.

Cali.

Cordial Saludo.

Me permito presentar a su consideración el proyecto de grado titulado “Sistema de monitoreo web y app móvil gamificada, integrados a un inspirómetro digital para incentivar y apoyar las terapias de reexpansión pulmonar” con el fin de cumplir con los requisitos exigidos por la Universidad y para que sea sometido a revisión del jurado y cumpla su aprobación, para conseguir posteriormente el título de Master en Ingeniería de Software.

Atentamente,



Elizabeth Carolina Moncada Dorado

Código: 8927621

FICHA RESUMEN
ANTEPROYECTO DE MAESTRÍA

TITULO: “Sistema de monitoreo web y app móvil gamificada, integrados a un inspirómetro digital para incentivar y apoyar las terapias de reexpansión pulmonar”

1. ÉNFASIS: Ingeniería de Software
2. TIPO DE PROYECTO: Investigación
3. ÁREA DE TRABAJO: Desarrollo de Software
4. ESTUDIANTE (S): Elizabeth Carolina Moncada Dorado
5. CORREO ELECTRÓNICO: leezym@javerianacali.edu.co
6. DIRECCIÓN Y TELÉFONO: Calle 60B # 119-62, 3117019765
7. DIRECTOR: Juan Carlos Martínez Arias
8. VINCULACIÓN DEL DIRECTOR (en la universidad): Planta
9. CORREO ELECTRÓNICO DEL DIRECTOR: juancmartinez@javerianacali.edu.co
10. CO-DIRECTOR(ES) (Si aplica): Andrés Adolfo Navarro Newball
11. GRUPO O EMPRESA QUE LO AVALA (Si aplica): DESTINO
12. OTROS GRUPOS O EMPRESAS: N/A
13. PALABRAS CLAVE (al menos 5): juegos serios, gamificación, terapias respiratorias, sistemas integrados
14. ODS QUE APLICA EL PROYECTO (Agenda 2030): N/A
15. FECHA DE INICIO (Desarrollo del anteproyecto): 1/10/2022
16. RESUMEN (máximo 400 palabras): Las complicaciones pulmonares aparecen en personas de edad avanzada, no saludables y después de cirugías cerca del diafragma. Las terapias de reexpansión pulmonar son estrategias que reducen dichos riesgos y comprenden espirometría incentiva, ejercicios de respiración profunda, y respiración con presión positiva intermitente y continua en las vías respiratorias. Los incentivos respiratorios actuales requieren acompañamiento del fisioterapeuta y no garantiza adherencia a las terapias sin su presencia. Por lo tanto, se busca disminuir dicha limitación con gamificación, al crear terapias agradables y garantizar compromiso a largo plazo. Este proyecto se desarrolló un sistema web de gestión para fisioterapeutas y una aplicación móvil gamificada para pacientes que apoye terapias de reexpansión pulmonar con técnicas de inspiración profunda, integrados a un inspirómetro digital. El objetivo es orientar y hacer seguimiento del estado de evolución del paciente a distancia, al tiempo que se incentiva a este con un juego basado en prescripciones.

Pontificia Universidad Javeriana Cali
Facultad de Ingeniería y Ciencias.
Maestría en Ingeniería de Software.
Proyecto de Grado.

Sistema de monitoreo web y app móvil gamificada, integrados a un
inspirómetro digital para incentivar y apoyar las terapias de
reexpansión pulmonar

Elizabeth Carolina Moncada Dorado

Director: MSc. Juan Carlos Martínez Arias
Codirector: Ph.D. Andrés Adolfo Navarro Newball

26 de Junio de 2023



Agradecimientos

Este proyecto es financiado por la Pontificia Universidad Javeriana Cali, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias), con el apoyo de la Universidad del Valle.

0.1. Resumen

Las complicaciones pulmonares aparecen en personas de edad avanzada, no saludables y después de cirugías cerca del diafragma. Las terapias de reexpansión pulmonar son estrategias que reducen dichos riesgos y comprenden espirometría incentiva, ejercicios de respiración profunda, y respiración con presión positiva intermitente y continua en las vías respiratorias. Los incentivos respiratorios actuales requieren acompañamiento del fisioterapeuta y no garantiza adherencia a las terapias sin su presencia. Por lo tanto, se busca disminuir dicha limitación con gamificación, al crear terapias agradables y garantizar compromiso a largo plazo. Este proyecto se desarrolló un sistema web de gestión para fisioterapeutas y una aplicación móvil gamificada para pacientes que apoye terapias de reexpansión pulmonar con técnicas de inspiración profunda, integrados a un inspirómetro digital. El objetivo es orientar y hacer seguimiento del estado de evolución del paciente a distancia, al tiempo que se incentiva a este con un juego basado en prescripciones.

Palabras Clave: juegos serios, gamificación, terapias respiratorias, sistemas integrados.

0.2. Abstract

Pulmonary complications occur in the elderly, unhealthy, and after surgery near the diaphragm. Lung re-expansion therapies are strategies that reduce these risks and include incentive spirometry, deep breathing exercises, and intermittent and continuous positive airway pressure breathing. Current respiratory incentives require physiotherapists accompaniment and do not guarantee adherence to therapies without their presence. This project developed a web-based management system for physiotherapists and a gamified mobile application for patients to support lung reexpansion therapies with deep inspiration techniques, integrated to a digital inspirimeter. The objective is to guide and monitor the patient's evolution status remotely, while encouraging the patient with a game based on prescriptions.

Keywords: serious games, gamification, respiratory therapies, integrated systems.

Índice general

0.1. Resumen	4
0.2. Abstract	4
1. Introducción	1
1.1. Definición del problema de investigación	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Justificación	4
1.5. Delimitaciones y Alcances	5
1.6. Resultados esperados	5
2. Marco de referencia	7
2.1. Bases teóricas	7
2.1.1. Telemedicina/teleterapias	7
2.1.2. Incentivo respiratorio	8
2.1.3. Reexpansión pulmonar	8
2.1.4. Técnicas de inspiración profunda	9
2.1.5. Gamificación/Juegos serios	10
2.2. Estado del arte	10
3. Desarrollo del Proyecto	13
3.1. Análisis	13
3.1.1. Requerimientos	13
3.1.2. Diagrama de Casos de Uso	25
3.1.3. Diagrama de Flujo	26
3.2. Metodología de Desarrollo	28
3.3. Diseño	29
3.3.1. Diagrama de Componentes	30
3.3.2. Diagrama de Arquitectura de Integración	30
3.3.3. Modelo de Datos	31
3.3.4. Diseño de la Interfaz	32
3.4. Implementación	48
3.4.1. Unity	48
3.4.2. PlayerPrefs	49
3.4.3. ReactJs	51
3.4.4. MongoDB	52

3.4.5. AWS	53
3.4.6. Servicios web	53
4. Evaluación	57
4.1. Metodología	57
4.2. Resultados	60
5. Conclusiones	67
6. Anexos	69
6.1. Evaluación de usabilidad	69
6.2. Evaluación de jugabilidad	70
6.3. Indicaciones de las fisioterapias	71
6.4. Manual de Usuario	78
6.4.1. Aplicación móvil	78
6.4.2. Aplicación web	80
Bibliografía	83

Índice de figuras

3.1. Diagrama de Casos de Uso del sistema.	25
3.2. Diagrama de Flujo del sistema web.	26
3.3. Diagrama de Flujo del sistema móvil.	27
3.4. Ciclo de vida de la metodología XP.	28
3.5. Diagrama de Componentes del sistema.	29
3.6. Diagrama de Arquitectura de Integración del sistema.	30
3.7. Modelo de datos NoSQL del sistema.	31
3.8. Dinámica de Feedback.	32
3.9. Dinámica de Points Badge Reward.	34
3.10. Dinámica de Customization.	34
3.11. Primera propuesta avatar movimiento inicial.	35
3.12. Primera propuesta avatar movimiento durante.	35
3.13. Segunda propuesta avatar movimiento inicial.	36
3.14. Segunda propuesta avatar movimiento durante.	36
3.15. Prototipo del sistema móvil.	38
3.16. Iniciar sesión	39
3.17. Lista fisioterapias del día	39
3.18. Glosario de fisioterapias	39
3.19. Video instructivo	39
3.20. Información fisioterapia	40
3.21. Nivel de juego con el ítem círculo	40
3.22. Gráfica por serie	40
3.23. Recompensa obtenida por serie	40
3.26. Comprar tema	41
3.27. Insignias bloqueadas	41
3.24. Lista de temas para personalizar	41
3.25. Lista de ítems por tema para personalizar	41
3.28. Insignias obtenidas	42
3.29. Descripción de las insignias	42
3.30. Insignia de bronce	42
3.31. Insignia de plata	42
3.32. Insignia de oro	43
3.33. Insignia de platino	43
3.34. Insignia de diamante	43
3.35. Insignia de obsidiana	43
3.36. Iniciar sesión	44

3.37. Registrar fisioterapeuta	44
3.38. Registrar paciente	45
3.39. Lista de pacientes por fisioterapeuta	45
3.40. Información del paciente	46
3.41. Registrar fisioterapia por paciente	46
3.42. Lista de fisioterapias por paciente	47
3.43. Gráfica por fisioterapia	47
3.44. Plataformas y tecnologías líderes en el sector compatibles con Unity (1).	48
3.45. Recompensas por cada ítem.	50
3.46. Árbol de personalización del juego.	51
3.47. Condiciones para ganar insignias.	51
3.48. Instancias en Amazon Lightsail de MongoDB y NodeJs respectivamente.	55

Índice de tablas

3.1. Requerimiento funcional: “Iniciar sesión como paciente”	13
3.2. Requerimiento funcional: “Listar las sesiones del día”	14
3.3. Requerimiento funcional: “Seleccionar una sesión del día”	14
3.4. Requerimiento funcional: “Ver información de la sesión”	14
3.5. Requerimiento funcional: “Realizar ejercicio seleccionado”	15
3.6. Requerimiento funcional: “Ver recompensas por ejercicio”	15
3.7. Requerimiento funcional: “Registrar fisioterapeutas”	15
3.8. Requerimiento funcional: “Iniciar sesión como fisioterapeuta”	16
3.9. Requerimiento funcional: “Listar pacientes”	16
3.10. Requerimiento funcional: “Registrar pacientes”	16
3.11. Requerimiento funcional: “Ver detalles de los pacientes”	17
3.12. Requerimiento funcional: “Listar ejercicios por paciente”	17
3.13. Requerimiento funcional: “Crear el ejercicio semanal”	18
3.14. Requerimiento funcional: “Listar gráficas de un ejercicio por paciente”	18
3.15. Requerimiento funcional: “Listar glosario”	19
3.16. Requerimiento funcional: “Listar tema de personalización”	19
3.17. Requerimiento funcional: “Seleccionar tema de personalización”	19
3.18. Requerimiento funcional: “Listar opciones de personalización”	20
3.19. Requerimiento funcional: “Seleccionar opciones de personalización”	20
3.20. Requerimiento funcional: “Ver detalles de las opciones de personalización”	20
3.21. Requerimiento funcional: “Ver insignias”	21
3.22. Requerimiento funcional: “Indicar el estado de las sesiones”	21
3.23. Requerimiento funcional: “Indicar el progreso durante el ejercicio”	21
3.24. Requerimiento funcional: “Habilitar/Inhabilitar los ejercicios del paciente”	22
3.25. Requerimiento funcional: “Habilitar la personalización”	22
3.26. Requerimiento funcional: “Asignar recompensas”	22
3.27. Requerimiento funcional: “Asignar insignias”	23
3.28. Requerimiento funcional: “Obtener los ejercicios programados”	23
3.29. Requerimiento funcional: “Obtener datos del paciente con el inspirómetro”	23
3.30. Requerimiento funcional: “Enviar datos del ejercicio seleccionado”	24
3.31. Requerimiento funcional: “Obtener datos del ejercicio seleccionado”	24
3.32. Mecánica del sistema de Feedback.	33
4.1. Matriz de Descomposición Funcional del Sistema Integrado	60
4.2. Plan de Evaluación de la aplicación.	61
4.3. Resultados Encuesta de Jugabilidad para Usuarios.	62
4.4. Resultados Encuesta de Usabilidad para Fisioterapeutas.	64

Introducción

1.1. Definición del problema de investigación

Las personas de edad avanzada, personas no saludables y la cirugía cerca del diafragma son predictores importantes de riesgo de las complicaciones pulmonares, las cuales suelen ser frecuentes y costosas. Cabe resltar, que de los tres predictores de riesgos mencionados, el más importante es el de los procedimientos quirúrgicos. Por ejemplo, pacientes sanos que se someten a una cirugía de alto riesgo tienen la posibilidad de sufrir complicaciones pulmonares. En segundo plano, se encuentra la anestesia general y la EPOC (2). Entre las complicaciones detectadas se encuentra la neumonía, la insuficiencia respiratoria, la atelectasia, el broncoespasmo y la exacerbación de la enfermedad obstructiva crónica (EPOC) (2).

La guía del American College of Physicians (ACP) del 2006 evaluó los riesgos y las estrategias para reducir las complicaciones pulmonares perioperatorias en pacientes sometidos a cirugía no cardiotorácica. A partir de una revisión sistemática de la literatura, esta indicó que las terapias de reexpansión pulmonar postoperatoria están apoyadas por buena evidencia que la muestran como una estrategia eficaz para reducir el riesgo. Esta técnica comprende la espirometría incentiva, los ejercicios de respiración profunda, la respiración con presión positiva intermitente y presión positiva continua en las vías respiratorias (2). En otros estudios se encuentra la contribución de esta técnica en la reducción del nivel de lactato, la mejora en la oxigenación y la saturación de oxígeno en pacientes durante la fase postoperatoria de cirugía cardíaca (3).

Desde el punto de vista fisiológico, la retroalimentación (*feedback*) al paciente en términos de flujo y volumen obtenido son necesarios para las terapias de reexpansión pulmonar. Los dispositivos orientados al flujo consisten en que el paciente levante un marcador hasta un punto determinado durante un tiempo máximo. Por otro lado, en los dispositivos orientados al volumen, el paciente levanta un marcador lo más alto posible y se guía de una escala que mide la capacidad inspiratoria (4). A partir de la mecánica de estos dispositivos actuales que requieren el acompañamiento constante de los fisioterapeutas, se busca generar una mejora y eliminar las limitaciones de las terapias.

Este proyecto de investigación es financiado por el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (Minciencias). Cuenta con dos investigaciones previas y el prototipado de un sistema web de gestión de terapias, que se integra a un juego móvil. Este último tiene como objetivo la adherencia del paciente a sus terapias. A partir de lo anterior, se desarrolla un sistema web de gestión para fisioterapeutas y una aplicación móvil gamificada para pacientes que requieren terapia respiratoria.

El sistema permite al fisioterapeuta realizar un seguimiento del estado de evolución del paciente frente a la terapia y orientarlo en su ausencia, al tiempo que se incentiva al usuario a través de niveles de juego basados en la prescripción del fisioterapeuta. Por último, el sistema se integra a un inspirómetro digital que obtiene los datos de flujo inspirado por el paciente.

1.2. Planteamiento del problema

Las terapias de expansión pulmonar implican técnicas de atención respiratoria para atender y tratar la atelectasia, la neumonía, la insuficiencia respiratoria aguda y otras afecciones pulmonares (5). Los tratamientos requieren el monitoreo de los fisioterapeutas, debido a que cada técnica utilizada se basa en las necesidades individuales del paciente y la gravedad de su condición. A partir de lo anterior, se comenzó a visualizar un panorama donde este tipo de terapias se desarrollen de manera virtual, con monitoreo síncrono y asíncrono para expandir su alcance.

Debido a la pandemia generada por el COVID-19, se necesitaba aislar a las personas en etapa de recuperación de la zona de cuidados intensivos y que continuaran su tratamiento en la seguridad de su hogar. Por lo tanto, se llevó a la telemedicina a un primer plano, especialmente el servicio de terapias respiratorias (6). Tomando en cuenta lo anterior, surge la necesidad del seguimiento, retroalimentación y gestión a distancia de los ejercicios de terapia según la evolución de cada paciente.

Entre otras dificultades por cubrir, se expone la adherencia a las terapias sin un fisioterapeuta presente. Es un comportamiento natural en el ser humano presentar apatía ante situaciones repetitivas, por lo que lograr incentivar a los pacientes se convierte en un reto para las terapias de reexpansión pulmonar remotas. Para ello, se evidencia una trayectoria de investigación relacionada a *e-Health* apoyada por gamificación desde 2010, en su mayoría en el manejo de enfermedades crónicas y la actividad física (7). Por ende, se propone a la gamificación como herramienta motivacional.

La gamificación es el uso de elementos lúdicos en contextos no relacionados con el juego, con el objetivo de motivar a los usuarios mediante experiencias que recuerden a los juegos (7). Elementos como las recompensas (puntos, insignias y tablas de clasificación) son estrategias de gamificación que permiten que las actividades sean más agradables y al mismo tiempo se garantiza el compromiso a largo plazo de los usuarios con las terapias asignadas.

El presente proyecto presentó una fase inicial que contaba con dos prototipos. El primero era la propuesta de un sistema incentivo respiratorio con prescripción y seguimiento remoto para pacientes post COVID-19 con el uso sinérgico de TRIZ y *Design Thinking* (8). Este trabajo iba de la mano con el desarrollo de un prototipo de un software integrado a un dispositivo para expansión pulmonar en pacientes con COVID-19 (9). El segundo, fue la implementación de un prototipo funcional para videojuego que favorecía la recuperación de pacientes con secuelas pulmonares por COVID-19 (10). Los prototipos anteriormente mencionados no contaban con una integración funcional completa para expandir el alcance de la telemedicina de terapias respiratorias con reexpansión pulmonar, y

a su vez, lograr motivación para su realización.

En función de los prototipos correspondientes a la fase inicial de este proyecto, se realiza su continuación y refinamiento haciendo uso del proceso de desarrollo de software apoyado por pautas y técnicas de gamificación. El objetivo fue desarrollar un sistema web de monitoreo y una aplicación móvil gamificada para apoyar la realización de terapias de reexpansión pulmonar con técnicas de inspiración profunda, integrados a un inspirómetro digital.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema web de monitoreo y una aplicación móvil gamificada para apoyar la realización de terapias de reexpansión pulmonar con técnicas de inspiración profunda, integrados a un inspirómetro digital.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar las soluciones de software actuales e identificar las fortalezas y falencias para determinar las mejoras correspondientes.
- Reconocer el proceso para llevar a cabo una terapia respiratoria de reexpansión pulmonar con técnica de inspiración profunda.
- Definir los aspectos de las terapias respiratorias de reexpansión pulmonar con técnicas de inspiración profunda que se logren incorporar en la aplicación como requerimientos del sistema, mediante un proceso de ingeniería de software soportado por principios de diseño de juegos o gamificación.
- Diseñar una aplicación web de monitoreo y una aplicación móvil gamificada que motive la adherencia, integrados a un inspirómetro digital.
- Implementar el diseño propuesto de la solución de software tanto en la parte web como móvil.
- Validar la usabilidad del sistema y que su funcionamiento se adecue al proceso de terapia respiratoria.

1.4. Justificación

Las complicaciones pulmonares tiene un factor de riesgo importante relacionado a la zona quirúrgica, es decir que pacientes sanos que se someten a una cirugía de alto riesgo tienen la posibilidad de sufrir complicaciones pulmonares. Así pues, las terapias de reexpansión pulmonar postoperatoria evidencian ser una estrategia eficaz para reducir el riesgo y las complicaciones pulmonares postoperatorias (2). Sin embargo, a partir de la pandemia generada por el COVID-19 aumentó el porcentaje de pacientes que requerían terapias respiratorias. Además, se comenzó a replantear los alcances de la medicina en términos de la atención presencial, ya que el personal médico no daba abasto. El objetivo es expandir el alcance de los servicios médicos y reducir las complicaciones pulmonares postoperatorias al usar la virtualidad como alternativa (6).

Uno de los trabajos previos evidencia un servicio de telemedicina que apoyaba las terapias respiratorias junto a la cama del paciente en la unidad de cuidados intensivos (UCI), se cubrieron seis hospitales del sistema sanitario de forma continua. Los resultados verificaron un trabajo reducido para el equipo médico de cabecera. Asimismo, este servicio de telemedicina redujo la exposición al ingresar a las habitaciones, el número de intubaciones y autoextubaciones. De igual manera, permitió el uso óptimo de los recursos cuando la necesidad aumentaba (6).

El presente proyecto contó con una fase inicial donde se desarrollaron dos prototipos. El primero era la propuesta de un sistema incentivo respiratorio con prescripción y seguimiento remoto para pacientes post COVID-19 con el uso sinérgico de TRIZ y *Design Thinking* (8). Este trabajo iba de la mano con el desarrollo de un prototipo de un software integrado a un dispositivo para expansión pulmonar en pacientes con COVID-19 (9). El segundo, fue la implementación de un prototipo funcional para videojuego que favorecía la recuperación de pacientes con secuelas pulmonares por COVID-19 (10).

Dado lo anterior, se toman dichos prototipos y llevarlos a un nivel de madurez tal que se desarrolle un software integrado. En primer lugar, este software tendrá un sistema web de monitoreo para el fisioterapeuta que permite prestar el servicio de salud requerido. Además, apoyará la gestión remota de los ejercicios y el seguimiento de la evolución del paciente. En segundo lugar, una aplicación móvil gamificada que incentiva al usuario en la realización de las terapias de reexpansión pulmonar con técnicas de inspiración profunda, a través de niveles de juego basados en la prescripción. Por último, un inspirómetro digital que valida la actividad respiratoria del paciente al medir y enviar los niveles de flujo para posterior retroalimentación por parte del fisioterapeuta.

De esta manera, se busca introducir las terapias respiratorias remotas y lograr la adherencia de los pacientes, la cual se convierte en un reto que la gamificación y los juegos serios en el ámbito de la salud y el bienestar pueden cubrir. Estudios demuestran el empalme que tiene la gamificación en aspectos como la rehabilitación de enfermedades crónicas, la actividad física y la salud mental (7). Las dinámicas de juegos permiten motivar al usuario a las fisioterapias y lograr la adherencia

e incentivo esperado sin acompañamiento presencial de un fisioterapeuta.

1.5. Delimitaciones y Alcances

En este proyecto se desarrolla un software integrado por una aplicación web y móvil utilizando gamificación para facilitar al paciente la experiencia de terapias respiratorias de reexpansión pulmonar.

- El software móvil se desarrolló para dispositivos móviles y tabletas con sistema operativo Android.
- El software móvil se conecta vía bluetooth al inspirómetro.
- El software móvil integra un juego basado en las fisioterapias.
- El software móvil integra un sistema de personalización (fondos y figuras).
- El software móvil integra un sistema de insignias y recompensas que incentiva la realización de fisioterapias.
- El software web envía los datos de la fisioterapia de cada paciente a la aplicación móvil y recibirá los datos de flujo efectuado por ellos.
- El software web visualiza las gráficas de los datos recibidos de flujo versus tiempo.
- La fisioterapia consiste en realizar reexpansión pulmonar del paciente a través de ejercicios de inspiración profunda con el inspirómetro digital.

1.6. Resultados esperados

Se entregará un sistema web de monitoreo y una aplicación móvil gamificada para apoyar la realización de terapias de reexpansión pulmonar con técnicas de inspiración profunda, integrados a un inspirómetro digital.

Por un lado, la aplicación móvil interactuará con un inspirómetro digital del cual recibirá datos de flujo realizados por el paciente. Estos datos se utilizarán como mecánica de movimiento en el juego, el cual estará basado en la terapia. Posteriormente, la aplicación móvil enviará datos de flujo y tiempo a la aplicación web. Así pues, el fisioterapeuta podrá ver el progreso de los pacientes y gestionar los ejercicios de terapia según su evolución.

Además, la interfaz del juego contará con una figura circular que se expande de acuerdo con cada inspiración, un sistema de recompensas por cada fisioterapia realizada y un sistema de personalización basado en Abstractos, Astros, Mar, Naturaleza y Anatomía, y un sistema de insignias que permite la clasificación del paciente. Finalmente, se entregará un documento con el resultado de las pruebas.

Marco de referencia

En este capítulo se presentan las bases teóricas y los trabajos previos que sirvieron como base para la realización del proyecto.

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Telemedicina/teleterapias

El término telemedicina se define como la prestación a distancia de servicios sanitarios e información clínica mediante las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Entre los medios utilizados para expandir su alcance se encuentra el Internet, medios inalámbricos, por satélite y por teléfono (11). Por otro lado, el término telesalud se utiliza para describir el diagnóstico y la gestión, la educación y otros campos de la atención sanitaria.

Debido a la pandemia generada por el COVID-19, se comenzó a ver a la telemedicina o teleterapias como una oportunidad de expandir el alcance de los servicios médicos. Por ende, aún se busca resaltar la importancia de esta herramienta y perfeccionar la manera en como se logra llegar a múltiples paciente, ya que es un servicio relativamente nuevo en nuestro país.

Por ejemplo, se ha puesto de manifiesto el importante aumento del teletratamiento de los trastornos de ansiedad, TOC y TEPT, así como que la teleterapia se distribuye desigualmente en relación a la experiencia previa de su uso. Lo anterior, es relevante en momentos pandémicos donde la teleterapia es clave para afrontar las consecuencias psicológicas (12). Desde otra perspectiva, la teleterapia es una herramienta útil para la prestación de servicios fonoaudiológicos en funciones de promoción, prevención, evaluación, diagnóstico, intervención, asesoría y consejería. Esto genera alternativas viables de aplicación, extendiendo las posibilidades de ampliar el ejercicio de la profesión y mejorar las oportunidades de acceso a estos servicios a distancia para promover la calidad de vida (13).

Se sugiere que los profesionales accedan a capacitaciones continuas para convertirse en individuos competentes con la tecnología. También que conozcan las consideraciones éticas y resguarden la privacidad y seguridad de los pacientes. Por otra parte, se debe tener en cuenta factores como costos, disponibilidad de recursos y necesidades de diagnóstico e intervención de los pacientes. Es importante comprender el nuevo papel de la tecnología en el diagnóstico y tratamiento de los trastornos de la comunicación, el cual es vital para la expansión de la teleterapia como estándar de atención, con el fin de lograr el desarrollo de normas y directrices técnicas (13).

2.1.2. Incentivo respiratorio

También conocido como inspirómetro de incentivo o espirometría de incentivo, es una de las estrategias de fisioterapia respiratoria perioperatoria recomendadas como complemento que ayuda a mantener el objetivo terapéutico de prevenir o tratar las complicaciones y mejorar la expansión pulmonar. Esta última consiste en mantener y/o aumentar los volúmenes y capacidades pulmonares (8). Por ejemplo, cuando el procedimiento se repite con regularidad, la atelectasia y la debilidad muscular respiratoria pueden prevenirse. También, mejorar la función pulmonar en pacientes que tienen dificultad para respirar. Se puede usar en una variedad de afecciones respiratorias, como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la fibrosis quística, la neumonía y otras afecciones que afectan la función respiratoria.

De acuerdo con artículos publicados en MEDLINE, CINAHL y Cochrane Library entre enero de 1995 y abril de 2011, se ha recolectado información sobre espirometría incentiva. Las siguientes recomendaciones se realizan siguiendo el sistema de puntuación Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation (GRADE) (14).

1. No se recomienda el uso rutinario de la espirometría incentiva en el entorno preoperatorio y postoperatorio para prevenir las complicaciones pulmonares postoperatorias.
2. Se recomienda que la espirometría incentiva se utilice con técnicas de respiración profunda, tos dirigida, movilización temprana y analgesia óptima para prevenir las complicaciones pulmonares postoperatorias.
3. Se sugiere que los ejercicios de respiración profunda proporcionan el mismo beneficio que la espirometría incentiva en el entorno preoperatorio y postoperatorio para prevenir las complicaciones pulmonares postoperatorias.
4. No se recomienda el uso rutinario de la espirometría incentivada para prevenir la atelectasia en pacientes después de una cirugía abdominal superior.
5. No se recomienda el uso rutinario de la espirometría de incentivo para prevenir la atelectasia después de la cirugía de injerto de derivación de la arteria coronaria.
6. Se sugiere seleccionar un dispositivo orientado al volumen como dispositivo de espirometría de incentivo.

2.1.3. Reexpansión pulmonar

La reexpansión pulmonar es un procedimiento médico que se utiliza para tratar el colapso de un pulmón, también conocido como atelectasia. La atelectasia puede ocurrir cuando un pulmón no se está expandiendo adecuadamente debido a la obstrucción de las vías respiratorias o a otros problemas pulmonares. Este procedimiento utiliza un dispositivo llamado incentivo respiratorio orientado a flujo, el cual brinda *feedback* cuando el paciente inhala a un flujo determinado y se mantiene

inflado durante al menos 5 segundos. Se instruye al paciente para que sostenga el espirómetro en posición vertical, exhale normalmente y luego coloque los labios firmemente alrededor de la boquilla. El siguiente paso es una inhalación lenta para elevar el balón hasta el objetivo indicado. Al llegar a la inhalación máxima, se retira la boquilla, seguida de una contención de la respiración (apnea) y una exhalación normal (14).

La reexpansión pulmonar mejora la función pulmonar y la excursión del diafragma; segundo, el desempeño en las actividades de la vida diaria y calidad de vida; tercero, la tolerancia al ejercicio; por último, mantener la fuerza de los músculos respiratorios (8). Este procedimiento es importante y necesario para tratar la atelectasia y mejorar la función pulmonar. Sin embargo, es un procedimiento invasivo que conlleva algunos riesgos y puede requerir una monitorización cuidadosa y la intervención de un profesional médico experimentado.

2.1.4. Técnicas de inspiración profunda

De acuerdo con la Asociación Americana del Pulmón (*American Lung Association*), las técnicas de inspiración profunda son ejercicios respiratorios diseñados para mejorar la función pulmonar y la eficacia de la respiración. Estas técnicas implican tomar respiraciones profundas y lentas para maximizar la cantidad de aire que entra y sale de los pulmones. Algunas de las técnicas de inspiración profunda más comunes son:

1. Respiración abdominal: también conocida como respiración diafragmática, esta técnica implica respirar profundamente y lentamente utilizando el diafragma en lugar de los músculos del pecho. Al inspirar, el abdomen se expande hacia afuera, y al exhalar, el abdomen se contrae hacia adentro.
2. Respiración de pecho: esta técnica implica respirar profundamente utilizando los músculos del pecho en lugar del diafragma. Al inspirar, el pecho se expande hacia afuera, y al exhalar, el pecho se contrae hacia adentro.
3. Respiración de labios fruncidos: esta técnica implica exhalar el aire a través de los labios fruncidos, creando una resistencia que ayuda a fortalecer los músculos respiratorios.
4. Respiración profunda sostenida: esta técnica implica tomar una respiración profunda y sostenida durante varios segundos antes de exhalar lentamente.

Las técnicas de inspiración profunda pueden ser beneficiosas para personas con afecciones respiratorias como el asma, la bronquitis crónica y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Estas técnicas pueden ayudar a mejorar la función pulmonar y la resistencia, así como a aliviar los síntomas de la falta de aliento. Es importante trabajar con un profesional de la salud capacitado para aprender correctamente estas técnicas y determinar si son adecuadas para tu situación médica particular (15).

2.1.5. Gamificación/Juegos serios

La gamificación es un proceso de mejora de múltiples servicios en diferentes contextos con elementos de motivación, para evocar experiencias de juego y resultados de comportamiento adicionales. Sin embargo, aún no está claro qué aspectos son exclusivos de los juegos ni qué resultados psicológicos pueden considerarse estrictamente derivados de ellos (16).

La gamificación tiene como objetivo aplicar los conocimientos y el uso de elementos de diseño de juegos en contextos no lúdicos. Además, posee gran potencial respecto al compromiso y la motivación de las personas, especialmente de los adultos mayores, aunque es un área inexplorada y se desconoce qué conceptos motivacionales pueden utilizarse para conseguirlo. Se necesita una motivación y una adherencia a largo plazo para lograr un cambio de comportamiento en el estilo de vida. Para crear un compromiso sostenido, se debe tratar de abordar la motivación intrínseca de los usuarios y satisfacer sus necesidades psicológicas. Sin embargo, no puede aplicarse de manera genérica, se necesita clasificar a los usuarios y sus preferencias (17).

De acuerdo con Webster y Watson, las posibilidades motivacionales de las personas alrededor de la gamificación son puntos, tablas de clasificación, logros/insignias, niveles, historia/temática, objetivos claros, retroalimentación, recompensas, progreso y retos (16). Adicionalmente, en (17) dicen que la gamificación se puede aplicar en la atención médica electrónica a través de desafíos, logros y recompensas, en aplicaciones de salud en línea para aumentar la motivación y el compromiso del usuario. Por otro lado, proporcionando retroalimentación inmediata y personalizada para los usuarios de aplicaciones de salud en línea, lo que puede aumentar su compromiso y motivación. También, fomentando la competencia amistosa entre los usuarios de aplicaciones de salud en línea, ya sea a través de desafíos de grupo o individuales, lo que puede aumentar la motivación y el compromiso. Finalmente, utilizando técnicas de narrativa en aplicaciones de salud en línea para involucrar emocionalmente a los usuarios y aumentar su compromiso.

En general, la gamificación se puede utilizar en la atención médica electrónica para aumentar la motivación y el compromiso del usuario, mejorar la adherencia del paciente y la eficacia del tratamiento, y fomentar un estilo de vida saludable.

2.2. Estado del arte

De acuerdo con la literatura revisada en (9), plantearon un instrumento para terapia respiratoria que utilizaba sensores de presión adaptados para detectar el flujo pulmonar. Además, contaba con una placa de circuitos adaptada al cuerpo del paciente que transmitía dicho flujo por los sensores a un dispositivo incentivo. De esta forma, se usaron los datos del flujo para el juego y así el paciente recibía instrucciones en tiempo real de cada ejercicio. En la misma línea, se abordó un software que se conectaba a un dispositivo respiratorio existente, el cual logró aumentar la tolerancia del paciente a las terapias gracias a la gamificación, y a su vez creó un método de curación general optimizado.

En (7) se ha determinado que la retroalimentación (*feedback*) y la recompensa (*rewards*) son las mecánicas de juegos más utilizadas en los juegos serios, aplicaciones gamificadas e incentivos en el área de la salud. Softwares que presentan sistemas de retroalimentación automática en tiempo real o diferentes recompensas como insignias y puntos, representan el 93 % de las investigaciones revisadas relacionadas a aplicaciones gamificadas y el 95 % relacionadas a juegos serios .

Se afirma que los juegos serios y procesos de gamificación logran involucrar totalmente al paciente en su proceso de recuperación o diagnóstico. Es decir, han generado mejores resultados que los métodos de recuperación tradicionales (10). Hoy en día existe evidencia de la recuperación en fisioterapias de trastornos neurológicos y del aparato locomotor con ayuda de juegos serios y gamificación (18). Entre las ventajas que presentan este tipo de softwares, se ha determinado que la gamificación afecta de manera positiva en las experiencias emocionales de los usuarios y fomenta su autoestima. Además, el uso de mecánicas de juego aumenta la adherencia a la aplicación y en consecuencia la motivación en la adquisición de comportamientos saludables. Finalmente, los elementos característicos de los juegos se convierten en promotores del uso regular de la aplicación (7).

Algunos de los juegos serios existentes que han apoyado el área de la salud son **Gomins**, que consistía en una aventura espacial que evaluaba la impulsividad, el autocontrol y el desarrollo de las emociones. Finalmente, brindaba un análisis completo de la salud mental de los niños (10). Por otro lado, se encuentra **TDAH Trainer** que apoyaba el tratamiento y diagnóstico del trastorno por déficit de atención o hiperactividad (TDAH), a través de simulaciones virtuales que permitían la inmersión del paciente en entornos cotidianos dónde enfrentaba diferentes distracciones auditivas y visuales. Finalmente, el simulador medía el nivel de déficit de atención o hiperactividad (10). Por otra parte, **VirtualReHab** a través de realidad virtual permitía la rehabilitación física con ejercicios personalizados. Por medio de una cámara y un sensor de movimientos marcaban el desarrollo y evolución del paciente (10).

Particularmente, hubo un estudio que describía terapias para enfermedades pulmonares obstructivas crónicas usando realidad virtual (RV) no inmersiva y entrenamientos tradicionales (ET) (10). Este estudio concluyó que la efectividad de terapias combinadas (VR+ET) es mayor que solo aplicar terapias con ET. Incluso, las terapias únicamente con RV seguían presentando mayor efectividad sobre las ET. Asimismo, **ExpGame** era un sistema que se acerca al objetivo de este proyecto. A través de la técnica de espirometría de incentivo, un juego serio para motivar al paciente y un dispositivo que captura y transmite los datos del paciente desde el espirómetro; apoyaba el tratamiento terapéutico de la expansión pulmonar en niños, jóvenes, adultos y ancianos (18). Este juego complementaba la terapia, logrando estimular e involucrar activamente al paciente. Esta última es un elemento difícil de tratar durante las fisioterapias, es decir, lograr lidiar con la monotonía.

El presente proyecto realiza la continuación y refinamiento de su fase inicial, la cual contaba con dos prototipos. El primero era la propuesta de un Sistema Incentivo Respiratorio con prescripción y

seguimiento remoto para pacientes post COVID-19 con el uso sinérgico de TRIZ y *Design Thinking* (8). Este trabajo iba de la mano con el desarrollo de un prototipo de un Software integrado a un dispositivo para expansión pulmonar en pacientes con COVID-19 (9). El segundo, fue la implementación de un prototipo funcional para videojuego que favorecía la recuperación de pacientes con secuelas pulmonares por COVID-19 (10).

De acuerdo con lo anterior, se desarrolla un sistema web de gestión y monitoreo para fisioterapeutas que permita prestar el servicio de salud requerido. Este sistema web apoya la gestión remota de los ejercicios y el seguimiento de la evolución del paciente. Por otro lado, una aplicación móvil gamificada que incentiva al usuario a través de niveles de juego basados en la prescripción del fisioterapeuta en la realización de las terapias de reexpansión pulmonar con técnicas de inspiración profunda. Por último, un inspirómetro digital que valida la actividad respiratoria del paciente al medir y almacenar los niveles de flujo para posterior retroalimentación por parte del fisioterapeuta.

Desarrollo del Proyecto

3.1. Análisis

3.1.1. Requerimientos

La fase de retroalimentación de las historias de usuario tuvo de base los requerimientos de los prototipos de la fase inicial de este proyecto en cuestión. A través de reuniones grupales con los principales actores del sistema, tanto posibles usuarios, como fisioterapeutas respiratorios, y el equipo de desarrolladores del sistema de las diferentes áreas (software, electrónica y diseño), se logró conocer la opinión sobre el funcionamiento de los prototipos actuales y lo que se espera del nuevo desarrollo. A partir de lo anterior, se crearon nuevos requerimientos y se refinaron los existentes.

Durante el proceso de levantamiento de requerimientos y desarrollo se añadieron, modificaron y eliminaron algunos de estos. A continuación, se identifica la convención de colores para diferenciar los requerimientos.

- Requerimientos sistema móvil
- Requerimientos sistema web

Además, se categorizan los requerimientos por tipo de la siguiente manera.

- UI (User Interface)
- ASA (Autonomous System Activity)
- IR (Interface Requirement)

ID	UI-001	Sistema	Móvil
Nombre	Iniciar sesión como paciente		
Descripción	Como usuario paciente requiero ingresar la cédula para iniciar sesión.		
Req. Precondición	UI-013: Registrar pacientes		
Req. Postcondición	IR-001: Obtener los ejercicios programados		
Excepciones	* Si el usuario no está registrado o se equivoca al diligenciar su cédula, se le indica que el usuario no existe.		

Tabla 3.1: Requerimiento funcional: “Iniciar sesión como paciente”.

ID	UI-002	Sistema	Móvil
Nombre	Listar las sesiones del día		
Descripción	Como usuario paciente requiero ver las sesiones correspondientes a un día asignadas por un fisioterapeuta.		
Req. Precondición	IR-001: Obtener los ejercicios programados		
Req. Postcondición	UI-003: Seleccionar una sesión del día		
Excepciones	* Si el usuario no tiene sesiones asignadas ese día, se le indica que ese día no debe realizar nada.		

Tabla 3.2: Requerimiento funcional: “Listar las sesiones del día”.

ID	UI-003	Sistema	Móvil
Nombre	Seleccionar una sesión del día		
Descripción	Como usuario paciente requiero seleccionar que sesión se va a realizar y ver el número de la sesión.		
Req. Precondición	UI-002: Listar las sesiones del día		
Req. Postcondición	UI-005: Ver información de la sesión		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.3: Requerimiento funcional: “Seleccionar una sesión del día”.

ID	UI-005	Sistema	Móvil
Nombre	Ver información de la sesión		
Descripción	Como usuario paciente requiero ver las indicaciones del ejercicio (inspiración profunda) y la especificación del ejercicio correspondientes. * Especificación: repeticiones, series, apnea y periodo de descanso. Información detallada en el enlace al documento anexo.		
Req. Precondición	UI-003: Seleccionar una sesión del día		
Req. Postcondición	UI-006: Realizar ejercicio seleccionado		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.4: Requerimiento funcional: “Ver información de la sesión”.

ID	UI-006	Sistema	Móvil
Nombre	Realizar ejercicio seleccionado		
Descripción	Como usuario paciente requiero ver la interfaz del ejercicio seleccionado, el número de serie actual y el número de repeticiones actuales. El límite del ejercicio se establece de acuerdo a la prescripción.		
Req. Precondición	UI-005: Ver información de la sesión		
Req. Postcondición	UI-007: Ver recompensas por ejercicio		
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> * Si el usuario abandona el ejercicio, pierde el progreso de este y comienza desde cero. * Si el usuario tiene una inactividad de 3 minutos, pierde el progreso de este y comienza desde cero. 		

Tabla 3.5: Requerimiento funcional: “Realizar ejercicio seleccionado”.

ID	UI-007	Sistema	Móvil
Nombre	Ver recompensas por ejercicio		
Descripción	Como usuario paciente requiero ver las recompensas obtenidas al finalizar el ejercicio.		
Req. Precondición	UI-006: Realizar ejercicio seleccionado		
Req. Postcondición	IR-003: Enviar datos del ejercicio seleccionado		
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> * Si el usuario abandona el ejercicio, no obtiene recompensa. * Si el usuario tiene una inactividad de 3 minutos, no obtiene recompensa. 		

Tabla 3.6: Requerimiento funcional: “Ver recompensas por ejercicio”.

ID	UI-008	Sistema	Web
Nombre	Registrar fisioterapeutas		
Descripción	Como usuario fisioterapeuta requiero registrar usuarios de tipo fisioterapeuta con los campos: nombre, cedula, teléfono, email, contraseña y repetir contraseña. Al finalizar, realizar confirmación de los datos.		
Req. Precondición	Ninguna.		
Req. Postcondición	UI-009: Iniciar sesión como fisioterapeuta		
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> * Si se equivoca al diligenciar algún campo, se le indica el campo que debe corregir. * Si deja algún campo obligatorio vacío, se le indica el campo que debe llenar. * Si el usuario ya existe, se le indica que el usuario ya existe. 		

Tabla 3.7: Requerimiento funcional: “Registrar fisioterapeutas”.

ID	UI-009	Sistema	Web
Nombre	Iniciar sesión como fisioterapeuta		
Descripción	Como usuario fisioterapeuta requiero ingresar la cédula y contraseña para iniciar sesión.		
Req. Precondición	UI-008: Registrar fisioterapeutas		
Req. Postcondición	UI-012: Listar pacientes		
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> * Si el usuario no está registrado o se equivoca al diligenciar su cédula, se le indica que el usuario no existe. * Si el usuario se equivoca al diligenciar su contraseña, se le indica que los datos diligenciados son erróneos. 		

Tabla 3.8: Requerimiento funcional: “Iniciar sesión como fisioterapeuta”.

ID	UI-012	Sistema	Web
Nombre	Listar pacientes		
Descripción	Como usuario fisioterapeuta requiero ver un listado de todos los pacientes registrados en el sistema con el número de cédula, el nombre, y las opciones: eliminar y ver detalles. Además, al inicio de la lista debe aparecer la opción registrar usuario.		
Req. Precondición	UI-009: Iniciar sesión como fisioterapeuta		
Req. Postcondición	UI-013: Registrar pacientes, UI-014: Ver detalles de los pacientes		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.9: Requerimiento funcional: “Listar pacientes”.

ID	UI-013	Sistema	Web
Nombre	Registrar pacientes		
Descripción	Como usuario fisioterapeuta requiero registrar pacientes con los campos: nombre, cedula, edad, sexo (Femenino, Masculino, Otros), peso (kg), altura (cm), teléfono, email, dirección y ciudad.		
Req. Precondición	UI-012: Listar pacientes		
Req. Postcondición	Ninguna.		
Excepciones	<ul style="list-style-type: none"> * Si se equivoca al diligenciar algún campo, se le indica el campo que debe corregir. * Si deja algún campo obligatorio vacío, se le indica el campo que debe llenar. * Si el usuario ya existe, se le indica que el usuario ya existe. 		

Tabla 3.10: Requerimiento funcional: “Registrar pacientes”.

ID	UI-014	Sistema	Web
Nombre	Ver detalles de los pacientes		
Descripción	Como usuario fisioterapeuta requiero ver información detallada del paciente como: nombre, cedula, edad, sexo (Femenino, Masculino, Otros), peso (kg), altura (cm), teléfono, email, dirección y ciudad. Además, un botón para ver los ejercicios asociados a este.		
Req. Precondición	UI-012: Listar pacientes		
Req. Postcondición	UI-017: Listar ejercicios por paciente		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.11: Requerimiento funcional: “Ver detalles de los pacientes”.

ID	UI-017	Sistema	Web
Nombre	Listar ejercicios por paciente		
Descripción	<p>Como usuario fisioterapeuta requiero ver un listado de los ejercicios de cada paciente con los campos: nombre, duración total de la terapia, frecuencia (cuantos días a la semana y cada cuantas horas), repeticiones, series, periodos de descanso, fecha inicio de la terapia, fecha fin de la terapia, y las opciones: editar y ver gráfica. Además, un botón al inicio para agregar ejercicios.</p> <p>Si el ejercicio es inspiración profunda: incluir apnea y flujo.</p> <p>Información detallada en el <i>enlace</i> al documento anexo.</p>		
Req. Precondición	UI-014: Ver detalles de los pacientes		
Req. Postcondición	UI-018: Crear el ejercicio semanal, UI-019: Listar gráficas de un ejercicio por paciente		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.12: Requerimiento funcional: “Listar ejercicios por paciente”.

ID	UI-018	Sistema	Web
Nombre	Crear el ejercicio semanal		
Descripción	<p>Como usuario fisioterapeuta requiero crear el ejercicio semanal con los campos: nombre, duración total de la terapia (días), frecuencia (cuantos días a la semana y cada cuantas horas) (numérico), repeticiones (numérico), series (numérico), periodos de descanso (segundos), fecha inicio de la terapia (calendario) y hora de inicio de la terapia.</p> <p>Si es la primera terapia, puede crearla cualquier día, sino solo puede crearla el día 7 de la terapia de la semana actual.</p> <p>Si el ejercicio es inspiración profunda: incluir apnea (1s, 2s, 3s) y flujo (600, 900, 1200, 1500, 1800, 2100, 2400).</p>		
Req. Precondición	UI-017: Listar ejercicios por paciente		
Req. Postcondición	Ninguna.		
Excepciones	<p>* Si se equivoca al diligenciar algún campo, se le indica el campo que debe corregir.</p> <p>* Si deja algún campo obligatorio vacío, se le indica el campo que debe llenar.</p>		

Tabla 3.13: Requerimiento funcional: “Crear el ejercicio semanal”.

ID	UI-019	Sistema	Web
Nombre	Listar gráficas de un ejercicio por paciente		
Descripción	<p>Como usuario fisioterapeuta requiero ver las gráficas que pertenecen a un ejercicio, y filtrar por fecha, número de sesión y número de serie. Además, indicar el flujo determinado para ese ejercicio y poder desplazarme a través de la gráfica (zoom in y zoom out) para detallar los datos. Incluir la información de cuantas veces paso el limite prescrito, una sección de comentarios y el botón guardar.</p>		
Req. Precondición	UI-017: Listar ejercicios por paciente		
Req. Postcondición	Ninguna.		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.14: Requerimiento funcional: “Listar gráficas de un ejercicio por paciente”.

ID	UI-026	Sistema	Web
Nombre	Listar glosario		
Descripción	Como usuario fisioterapeuta requiero ver un listado de todo el glosario creado en el sistema con la palabra y su definición. Tipos de ejercicios: inspiración profunda.		
Req. Precondición	Ninguna.		
Req. Postcondición	UI-027: Crear palabras del glosario, UI-028: Editar el glosario, UI-029: Eliminar el glosario		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.15: Requerimiento funcional: “Listar glosario”.

ID	UI-030	Sistema	Móvil
Nombre	Listar tema de personalización		
Descripción	Como usuario paciente requiero ver los temas que se pueden usar en la personalización.		
Req. Precondición	UI-001: Iniciar sesión como paciente		
Req. Postcondición	UI-031: Seleccionar tema de personalización		
Excepciones	* El tema abstract se tiene por defecto.		

Tabla 3.16: Requerimiento funcional: “Listar tema de personalización”.

ID	UI-031	Sistema	Móvil
Nombre	Seleccionar tema de personalización		
Descripción	Como usuario paciente requiero seleccionar un tema de personalización.		
Req. Precondición	UI-030: Listar tema de personalización		
Req. Postcondición	UI-032: Listar opciones de personalización		
Excepciones	* El tema abstract se tiene por defecto.		

Tabla 3.17: Requerimiento funcional: “Seleccionar tema de personalización”.

ID	UI-032	Sistema	Móvil
Nombre	Listar opciones de personalización		
Descripción	Como usuario paciente requiero ver las opciones de fondos y figuras asociadas a un tema de personalización.		
Req. Precondición	UI-031: Seleccionar tema de personalización		
Req. Postcondición	UI-033: Seleccionar opciones de personalización		
Excepciones	* El tema abstract tiene habilitadas todas sus opciones por defecto.		

Tabla 3.18: Requerimiento funcional: “Listar opciones de personalización”.

ID	UI-033	Sistema	Móvil
Nombre	Seleccionar opciones de personalización		
Descripción	Como usuario paciente requiero seleccionar las opciones de fondos y figuras asociadas a un tema de personalización que estén habilitadas. Sino, poder comprar las que no están disponibles.		
Req. Precondición	UI-032: Listar opciones de personalización		
Req. Postcondición	UI-034: Ver detalles de las opciones de personalización		
Excepciones	* El tema abstract tiene habilitadas todas sus opciones por defecto.		

Tabla 3.19: Requerimiento funcional: “Seleccionar opciones de personalización”.

ID	UI-034	Sistema	Móvil
Nombre	Ver detalles de las opciones de personalización		
Descripción	Como usuario paciente requiero ver el fondo, la figura y la descripción del tema seleccionado. Además un botón de usar para seleccionar el fondo o la figura.		
Req. Precondición	UI-033: Seleccionar opciones de personalización		
Req. Postcondición	Ninguna.		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.20: Requerimiento funcional: “Ver detalles de las opciones de personalización”.

ID	UI-035	Sistema	Móvil
Nombre	Ver insignias		
Descripción	Como usuario paciente requiero ver las insignias obtenidas por todas las fisioterapias realizadas.		
Req. Precondición	UI-006: Realizar ejercicio seleccionado		
Req. Postcondición	IR-003: Enviar datos del ejercicio seleccionado		
Excepciones	* Si el usuario abandona el ejercicio, no obtiene insignia. * Si el usuario tiene una inactividad de 3 minutos, no obtiene insignia.		

Tabla 3.21: Requerimiento funcional: “Ver insignias”.

ID	ASA-001	Sistema	Móvil
Nombre	Indicar el estado de las sesiones		
Descripción	El sistema muestra las sesiones finalizados con una marca de check y los ejercicios pendientes sin marca. Además, si la sesión no se realizó cuando estuvo habilitada, no tiene marca y se inhabilita.		
Req. Precondición	UI-002: Listar las sesiones del día		
Req. Postcondición	UI-003: Seleccionar una sesión del día		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.22: Requerimiento funcional: “Indicar el estado de las sesiones”.

ID	ASA-003	Sistema	Móvil
Nombre	Indicar el progreso durante el ejercicio		
Descripción	El sistema calcula el progreso durante el ejercicio, es decir series y repeticiones realizadas.		
Req. Precondición	UI-006: Realizar ejercicio seleccionado		
Req. Postcondición	UI-007: Ver recompensas por ejercicio		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.23: Requerimiento funcional: “Indicar el progreso durante el ejercicio”.

ID	ASA-004	Sistema	Web
Nombre	Habilitar/Inhabilitar los ejercicios del paciente		
Descripción	El sistema habilita el ejercicio que corresponde a la semana actual e inhabilita los ejercicios que no corresponden.		
Req. Precondición	UI-018: Crear el ejercicio semanal		
Req. Postcondición	UI-017: Listar ejercicios por paciente, UI-002: Listar las sesiones del día		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.24: Requerimiento funcional: “Habilitar/Inhabilitar los ejercicios del paciente”.

ID	ASA-006	Sistema	Móvil
Nombre	Habilitar la personalización		
Descripción	El sistema obtiene los datos de personalización guardados por el usuario y muestra el tema del nivel del juego de acuerdo a ese dato.		
Req. Precondición	UI-001: Iniciar sesión como paciente		
Req. Postcondición	UI-032: Listar opciones de personalización		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.25: Requerimiento funcional: “Habilitar la personalización”.

ID	ASA-007	Sistema	Móvil
Nombre	Asignar recompensas		
Descripción	El sistema asigna recompensas a los usuarios por las metas logradas. * Si completa una serie: 25 puntos * Si completa una sesión: 100 puntos * Si completa todas las sesiones del día: 150 puntos * Si completa todas las sesiones de la semana: 300 puntos		
Req. Precondición	UI-006: Realizar ejercicio seleccionado		
Req. Postcondición	UI-007: Ver recompensas por ejercicio		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.26: Requerimiento funcional: “Asignar recompensas”.

ID	ASA-008	Sistema	Móvil
Nombre	Asignar insignias		
Descripción	<p>El sistema asigna insignias a los usuarios por las metas logradas. Los niveles son Acero, Bronce, Plata, Oro, Platino, Diamante y Obsidiana.</p> <p>* Si completa en series: 10,30,50,100,300,500,1000</p> <p>* Si completa en sesiones: 5,15,25,50,150,250,500</p> <p>* Si completa en días: 1,3,6,12,35,75,150</p> <p>* Si completa en semanas: 2,4,6,10,14,20,30</p>		
Req. Precondición	UI-006: Realizar ejercicio seleccionado		
Req. Postcondición	UI-035: Ver insignias		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.27: Requerimiento funcional: “Asignar insignias”.

ID	IR-001	Sistema	Móvil
Nombre	Obtener los ejercicios programados		
Descripción	El sistema permite integrarse a un sistema web que envía la fisioterapia semanal asignada día a día.		
Req. Precondición	UI-001: Iniciar sesión como paciente		
Req. Postcondición	UI-002: Listar las sesiones del día		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.28: Requerimiento funcional: “Obtener los ejercicios programados”.

ID	IR-002	Sistema	Móvil
Nombre	Obtener datos del paciente con el inspirómetro		
Descripción	El sistema permite integrarse a un inspirómetro digital que detecta el flujo (float) y la presencia de apnea (boolean) del paciente, para luego utilizar esos datos como parámetros del ejercicio seleccionado.		
Req. Precondición	UI-006: Realizar ejercicio seleccionado		
Req. Postcondición	IR-003: Enviar datos del ejercicio seleccionado		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.29: Requerimiento funcional: “Obtener datos del paciente con el inspirómetro”.

ID	IR-003	Sistema	Móvil
Nombre	Enviar datos del ejercicio seleccionado		
Descripción	El sistema permite integrarse a un sistema web para enviar los datos de flujo, tiempo del paciente y recompensas obtenidas en el ejercicio seleccionado.		
Req. Precondición	IR-002: Obtener datos del paciente con el inspirómetro		
Req. Postcondición	IR-004: Obtener datos del ejercicio seleccionado		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.30: Requerimiento funcional: “Enviar datos del ejercicio seleccionado”.

ID	IR-004	Sistema	Web
Nombre	Obtener datos del ejercicio seleccionado		
Descripción	El sistema permite integrarse a una app móvil que envía los datos de flujo, tiempo del paciente y recompensas obtenidas en el ejercicio.		
Req. Precondición	IR-003: Enviar datos del ejercicio seleccionado		
Req. Postcondición	UI-019: Listar gráficas de un ejercicio por paciente		
Excepciones	Ninguna.		

Tabla 3.31: Requerimiento funcional: “Obtener datos del ejercicio seleccionado”.

3.1.2. Diagrama de Casos de Uso

En este apartado se encuentra el diagrama de casos de uso de la aplicación, el cual resultó del estudio del estado del arte y los requerimientos de los sistemas. Aquí, todos los objetos involucrados se estructuran y se relacionan entre sí, representando el sistema web para fisioterapeutas y móvil para pacientes (Ver Figura 3.1).

Por un lado, se encuentran las interacciones del fisioterapeuta en la aplicación, las cuales tienen un enfoque administrativo como administrar pacientes, crear y asignar fisioterapias y ver la información de estas. En otras palabras, se puede ver que este tipo de usuario tiene un rol de organizador en la aplicación. Por otro lado, se encuentra al paciente, quien tiene un rol de jugador al tener funciones como ver fisioterapias, ver recompensas y personalizar el juego.

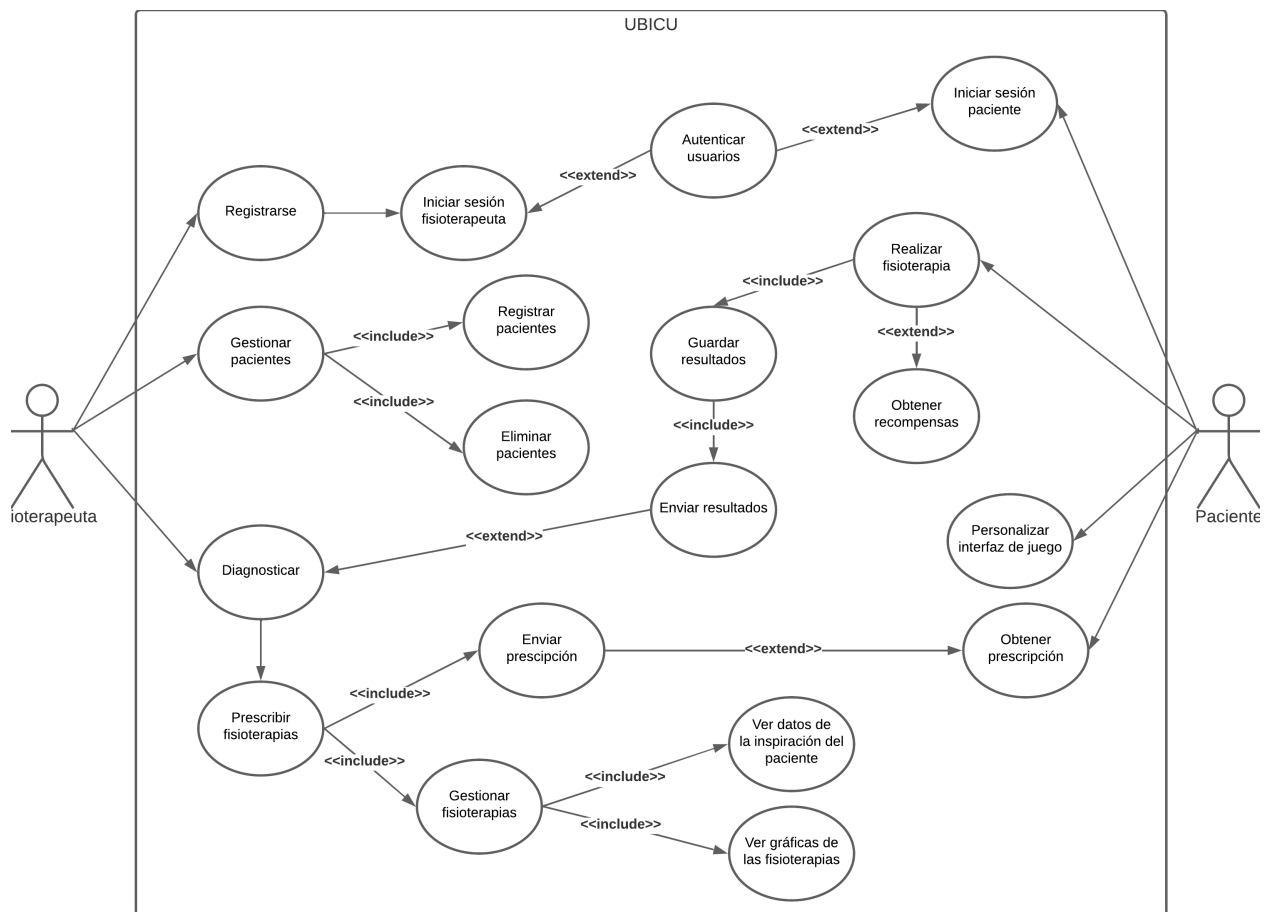


Figura 3.1: Diagrama de Casos de Uso del sistema.

3.1.3. Diagrama de Flujo

El objetivo principal de los diagramas de flujo es proporcionar una representación visual clara y concisa de los procesos involucrados en la interacción entre los fisioterapeutas y los pacientes en la aplicación. Se busca mostrar de manera intuitiva las etapas clave, las acciones y los flujos de información que se llevan a cabo durante el uso de la plataforma.

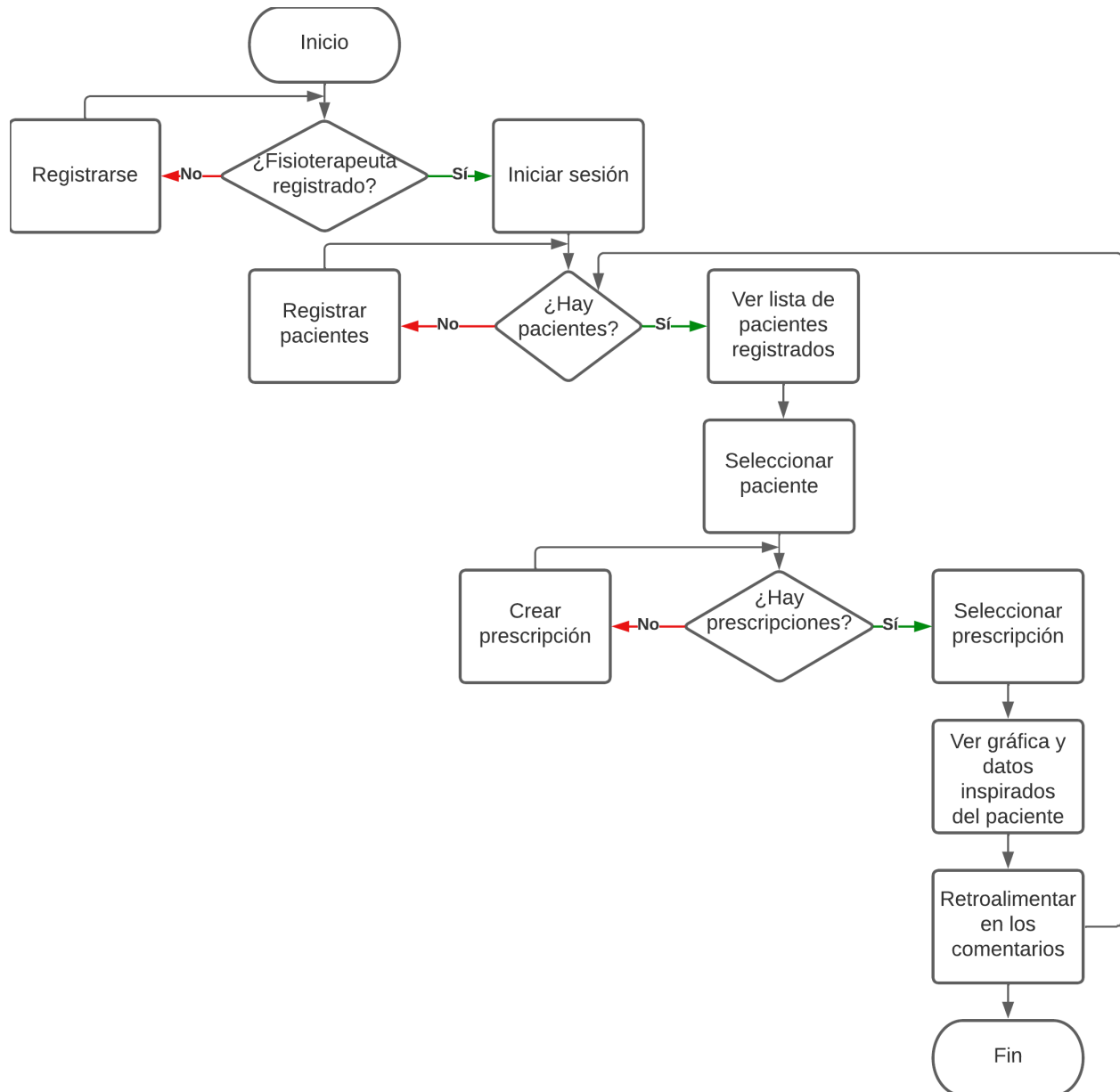


Figura 3.2: Diagrama de Flujo del sistema web.

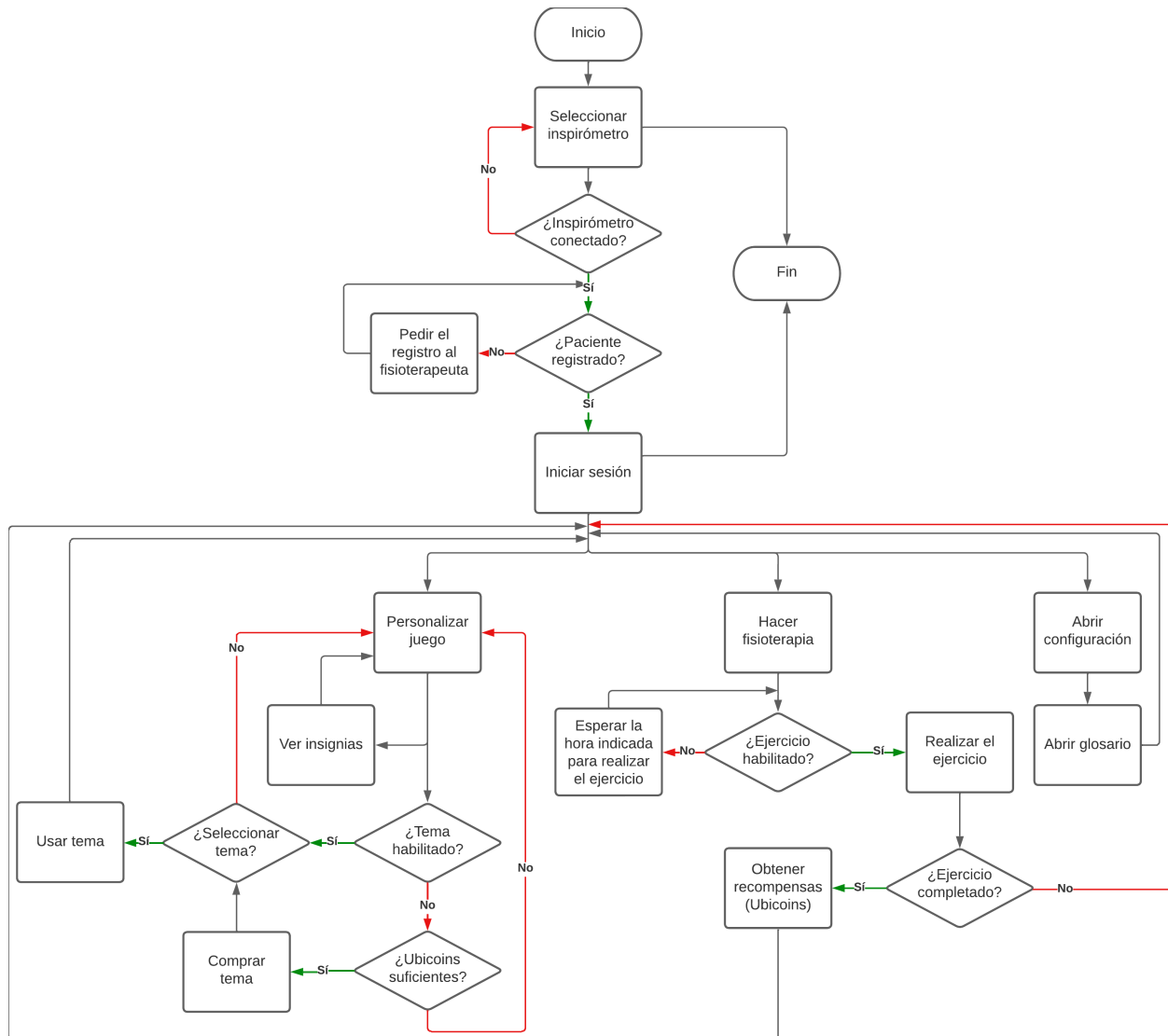


Figura 3.3: Diagrama de Flujo del sistema móvil.

Este diagrama permite visualizar el proceso que siguen ambos usuarios (fisioterapeutas y pacientes), desde el inicio de sesión hasta la finalización de esta en la aplicación. El primer paso en el sistema web (Ver Figura 3.2) consiste en saber si el fisioterapeuta está registrado. Una vez iniciada la sesión podrá ver la lista de usuarios, administrar las prescripciones por paciente, ver las gráficas y datos inspirados por cada prescripción y retroalimentar. Por otro lado, en el sistema móvil (Ver Figura 3.3) también se verifica si el paciente está registrado. Una vez iniciada la sesión podrá ver las fisioterapias del día, realizar las fisioterapias habilitadas, obtener recompensas (Ubicoins) y personalizar el juego.

3.2. Metodología de Desarrollo

En este proyecto se siguió la metodología de desarrollo de software XP (Extreme Programming), la cuál es una metodología de desarrollo ágil. Dado el tiempo de desarrollo estimado a corto plazo y la cantidad de integrantes en el proyecto multidisciplinar, se escogió esta metodología basada en la comunicación, la reutilización del código y la retroalimentación. Es importante recalcar que las entregas parciales al final de cada iteración y la posterior evaluación de prototipos que hacen parte de esta metodología ágil permitieron revisar y corregir a tiempo (Ver Figura 3.4).

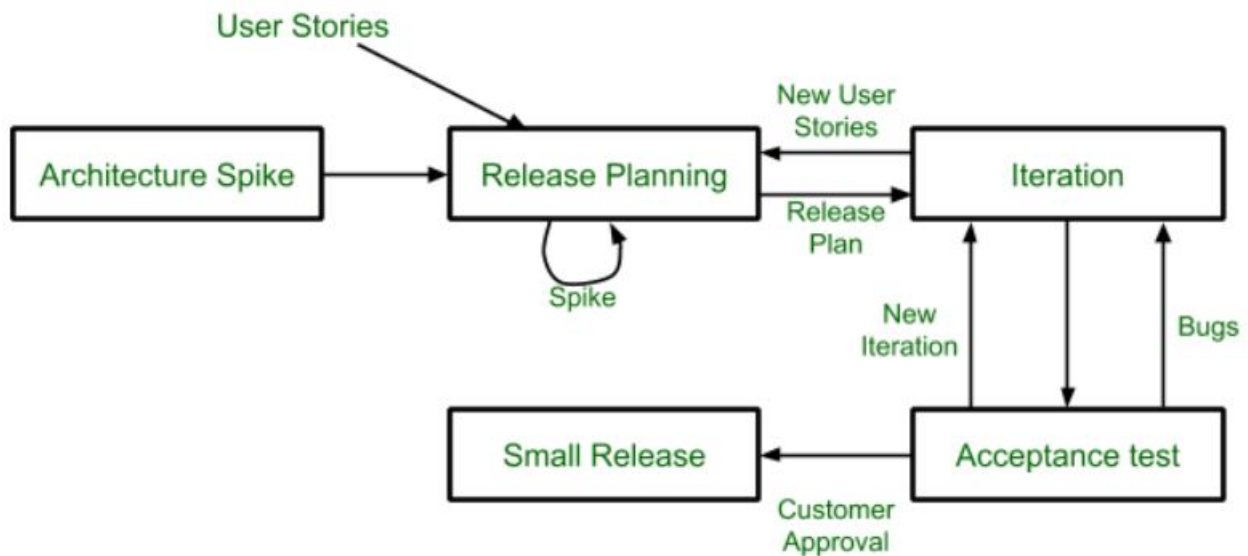


Figura 3.4: Ciclo de vida de la metodología XP.

Además, se hizo uso de pautas de gamificación, la cual es una técnica de aprendizaje que involucra la mecánica de los juegos en el ámbito educativo-profesional. Lo anterior, con el fin de obtener mejores resultados a la hora de asimilar conocimiento, mejorar habilidades o buscar recompensar acciones concretas.

El tipo de investigación es aplicada, ya que se pretende dar un refinamiento a proyectos previos al medir la viabilidad de implementar en los procesos de terapia respiratoria las tecnologías enunciadas y descritas en el marco teórico a través del desarrollo de un prototipo. Además, el proyecto pretende promover investigaciones relacionadas a la reinención de la terapia respiratoria a través de la gamificación y favorecer la usabilidad del fisioterapeuta y paciente.

3.3. Diseño

En esta fase se estudiaron posibles opciones de implementación para el software, así como decidir la estructura general del mismo. Para esto, se realizó un diagrama de componentes, un diagrama de arquitectura y un diagrama del modelo de datos NoSQL.

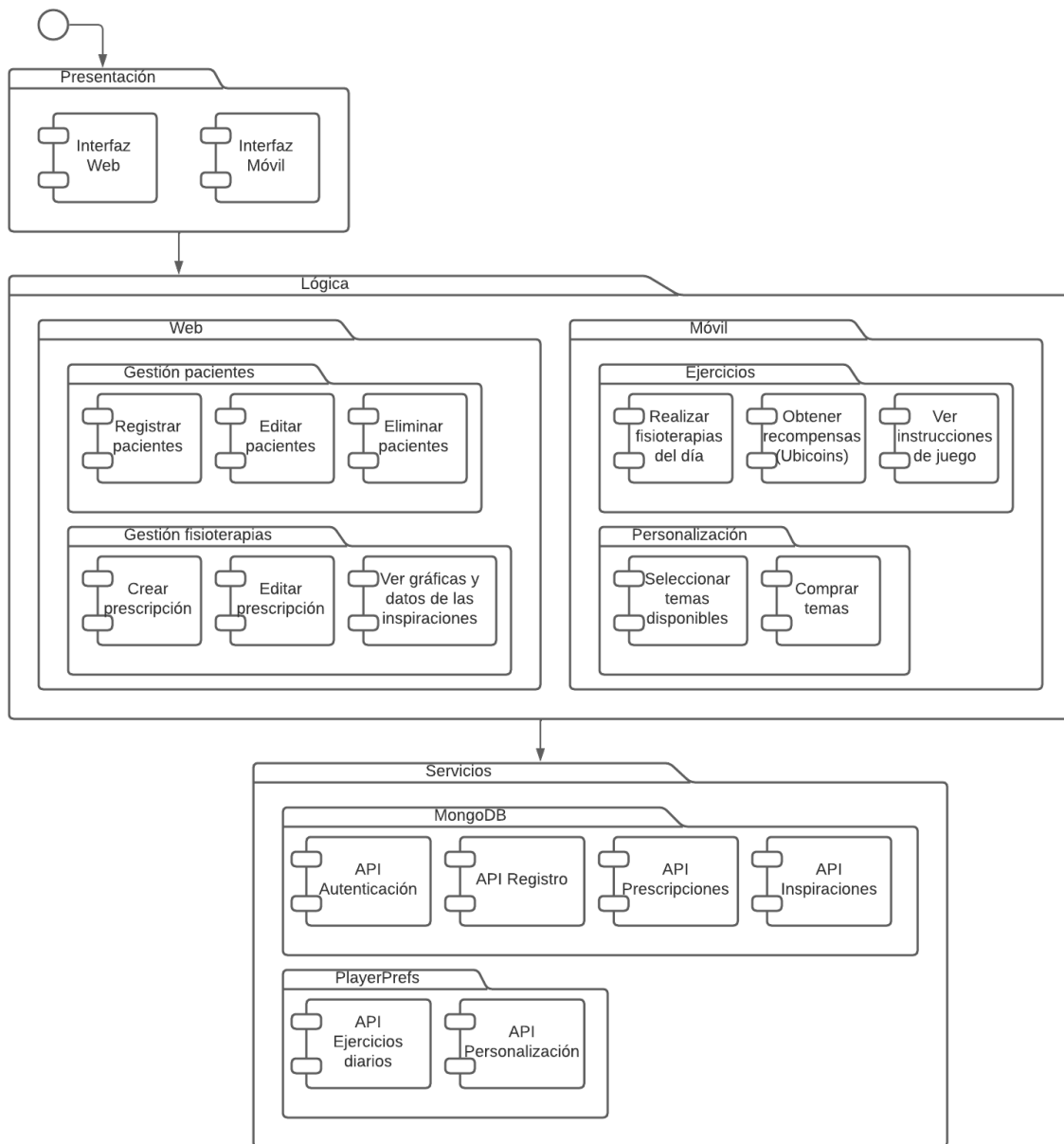


Figura 3.5: Diagrama de Componentes del sistema.

3.3.1. Diagrama de Componentes

Este diagrama representa las relaciones entre los componentes presentación, lógica y servicios de los sistemas, mediante una vista de diseño estática. Con el propósito de ampliar la información descrita en el diagrama (Ver Figura 3.5), se explica a detalle cada elemento.

El componente de presentación provee las dos interfaces web y móvil, para fisioterapeuta y paciente respectivamente. Por otro lado, el componente de lógica lista los subsistemas y funciones permitidas para cada usuario. Finalmente, el componente de servicios se encarga de la comunicación con MongoDB (Ver Subcapítulo 3.4.4) que permite el control de acceso a los usuarios, la gestión de prescripciones por paciente y gráficas respectivas. Mientras que, la comunicación con la base de datos local de Unity (PlayerPrefs) (Ver Subcapítulo 3.4.2) permite almacenar datos de personalización en el dispositivo móvil.

3.3.2. Diagrama de Arquitectura de Integración

Este diagrama proporciona una visión integral y práctica de las tecnologías utilizada en la arquitectura de ambos sistemas. Además, representa cómo los diferentes componentes del sistema se relacionan entre sí y cómo se comunican entre sí para lograr los objetivos del sistema.

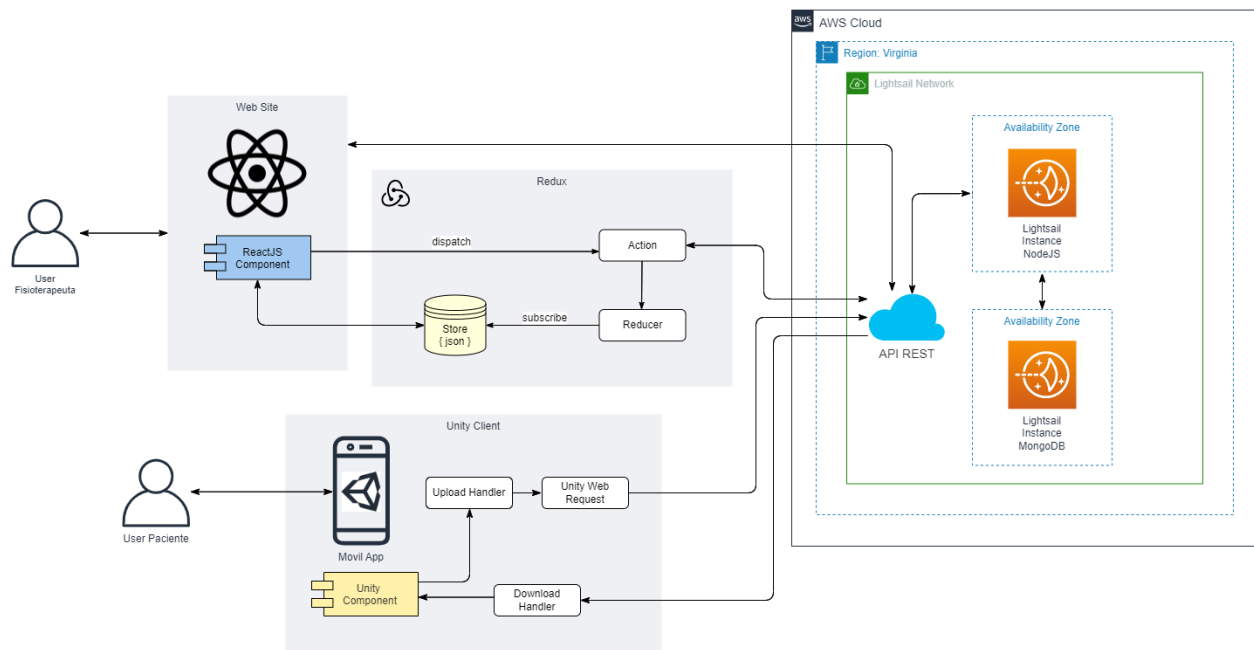


Figura 3.6: Diagrama de Arquitectura de Integración del sistema.

Se plantea el sistema web desarrollado en ReactJs para el *frontend*, el cual hace uso de Redux para el manejo del estado de la aplicación. Finalmente, se comunica a través de un API REST al

servicio de NodeJs que se encuentra desplegado en una instancia de AWS Lightsail. Por otro lado, el sistema móvil desarrollado en Unity3D se comunica de igual manera al API REST para hacer uso del servicio en NodeJs. Por último, ambos sistemas hacen uso de la base de datos MongoDB que se encuentra alojada en otra instancia de AWS Lightsail.

3.3.3. Modelo de Datos

Este software integrado recibe información dinámica de los datos inspirados y se caracteriza por apoyar a múltiples usuarios (fisioterapeutas y pacientes) con información en tiempo real, tales como las fisioterapias y sus resultados. Por ende, el modelo de datos de la aplicación (Ver Figura 3.7) requiere una base de datos no relacional dado que, este tipo de base de datos permite un fácil acceso a las colecciones, libertad al momento de almacenar atributos por cada documento, velocidad de consulta y favorece el volumen de los datos cuando crece muy rápido en momentos puntuales.

```
{
  "$schema": "http://json-schema.org/draft-04/schema#",
  "type": "object",
  "properties": {
    "id_user": {
      "type": "string"
    },
    "nombre": {
      "type": "string"
    },
    "duracion_total": {
      "type": "integer"
    },
    "frecuencia_dias": {
      "type": "integer"
    },
    "frecuencia_horas": {
      "type": "integer"
    },
    "repeticiones": {
      "type": "integer"
    },
    "series": {
      "type": "integer"
    },
    "periodos_descanso": {
      "type": "integer"
    },
    "fecha_inicio": {
      "type": "string"
    },
    "fecha_fin": {
      "type": "string"
    },
    "apnea": {
      "type": "integer"
    },
    "flujo": {
      "type": "integer"
    },
    "hora_inicio": {
      "type": "integer"
    }
  }
}
```

Figura 3.7: Modelo de datos NoSQL del sistema.

3.3.4. Diseño de la Interfaz

Durante el desarrollo de la interfaz de usuario la prioridad al momento de diseñar fue crear interfaces cómodas e intuitivas que faciliten al usuario controlar y retroalimentar acciones a lo largo de la aplicación con la ayuda de notificaciones. Para ello, el diseño de la interfaz web varía con respecto a la vista móvil dado que, al tener un rol de administradores, los colores tienen que cumplir el papel de formalidad y permitir que la información que se muestra en la pantalla, sea fácil de visualizar e interpretar de forma rápida. Mientras que, el paciente debe sentirse cómodo y conectado con la aplicación. Además, tener la posibilidad de personalizar el juego.

Se realizó una propuesta de gamificación teniendo en cuenta las historias de usuario, los requerimientos (Ver Subcapítulo 3.1.1) definidos durante el proceso de análisis y los principios heurísticos que se seleccionaron a partir de los principios definidos por Jakob Nielsen (Ver Subcapítulo 3.3.4.1). Esta propuesta se encuentra disponible en: <https://readymag.com/u757936912/3196992/>. En primer lugar, se establece la dinámica del feedback, la cual tiene como objetivo retroalimentar y motivar la adherencia del paciente (Ver Figura 3.8).

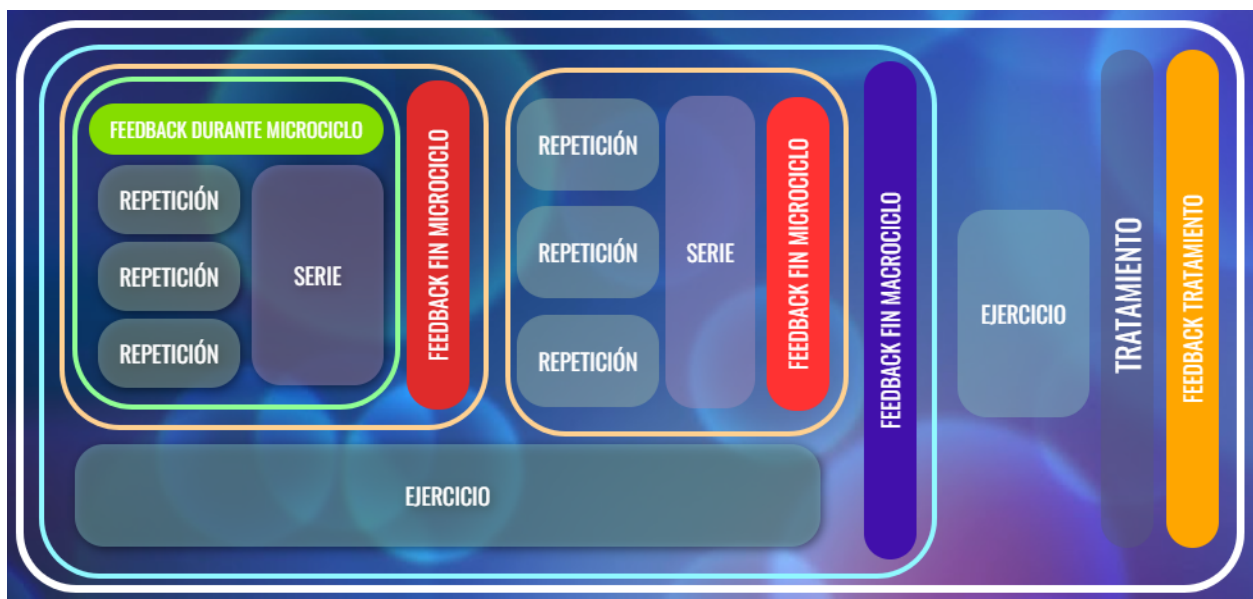


Figura 3.8: Dinámica de Feedback.

Uno de los elementos utilizados durante el microciclo son frases de motivación en representación sonora como “¡Eso es!”, “Un poco más fuerte”, “¡Tu puedes!”, entre otras. Además, indicadores de progreso de series y repeticiones actuales. Al finalizar cada microciclo el indicador de desempeño permite ver en cuántas y cuáles repeticiones se logró la meta. Para el fin del macrociclo, se da a conocer la cantidad de Ubicoins obtenidos. Igualmente, cuantas y cuales sesiones (ejercicios) por día no se realizaron, se completaron y faltan. Por último, en lo referente al tratamiento, se cuenta

con Ubicoins diarios si completa todos los ejercicios programados, y semanales si completa todos los días. Adicionalmente, para mayor entendimiento de la mecánica del sistema de feedback, se desglosa la propuesta a nivel de microciclos, macrociclos, ejercicios y tratamientos en la tabla 3.32.

	Mecánica	Elemento
Feedback durante Microciclo	Indicador de progreso	Barra de progreso que marque el avance en la serie. (avance en puntos)
	Indicador de ruta/rango desempeño ideal	Línea o trazo que muestre el desempeño ideal en un rango. ($x1 - x2$)
	Audiofeedback	Música de ambientación y sonidos.
Feedback fin Microciclo	Indicadores desempeño juego	- Indicadores de número de series realizadas vs faltantes. - Desempeño en la serie. (Puntos y medallas obtenidas).
Feedback fin Macrocielo	Indicadores generales juego	- Indicadores de número de ejercicios. - Series realizadas vs faltantes. - Tiempo de tratamiento en el juego en horas minutos. (Puntos y medallas obtenidas)
Feedback Tratamiento	Progreso tratamiento	- Ejercicios realizados vs ejercicios programados lista de chequeo. - Barra de progreso. (Ejercicio)
	Indicadores generales juego	Puntos y medallas obtenidas.

Tabla 3.32: Mecánica del sistema de Feedback.

Posteriormente, se plantea la dinámica de puntos, insignias y recompensas (Ver Figura 3.9). El sistema de recompensas se compone de un sistema de puntos (Ubicoins), el cual enuncia como se obtienen de acuerdo con el desempeño del paciente, y un sistema de medallas (insignias), que permite la clasificación del paciente. Como elemento complementario al sistema de puntos, insignias y recompensas, se diseña un sistema de personalización. El objetivo es el gasto de los recursos obtenidos (Ubicoins) en la compra de temas compuestos por fondos y figuras en el juego (Ver Figura 3.10), y así lograr mayor adherencia al juego con las múltiples combinaciones. Finalmente, se propuso el movimiento del avatar para realizar las terapias. La primera propuesta consistía en el seguimiento de una trayectoria (Ver Figura 3.11 y 3.12). Mientras que, la segunda propuesta consistía en un movimiento similar a la expansión pulmonar (Ver Figura 3.13 y 3.14).



Figura 3.9: Dinámica de Points Badge Reward.



Figura 3.10: Dinámica de Customization.



Figura 3.11: Primera propuesta avatar movimiento inicial.



Figura 3.12: Primera propuesta avatar movimiento durante.



Figura 3.13: Segunda propuesta avatar movimiento inicial.



Figura 3.14: Segunda propuesta avatar movimiento durante.

En el momento de la presentación de las propuestas a los fisioterapeutas, argumentaron que el juego visualmente debería estar ligado al proceso de expansión pulmonar, es decir, un movimiento de expansión y contracción, por lo que la propuesta dos se ajustaba a lo requerido. Complementario a lo anterior, se realizó una prueba a cinco usuarios para identificar el tipo de visualización que preferían utilizando un instrumento que incluía las siguientes preguntas:

Para la realización de su terapia:

- **¿Qué forma de gráfico le parece más atractiva? Del 1 al 7 seleccione qué tan importante sería esto para la realización de su terapia, siendo 1 indiferente y 7 preferido:** Aquí, tres personas eligieron la Propuesta 2 con una nota promedio de 6,3 y dos personas eligieron la Propuesta 1 con una nota promedio de 7.
- **Para realizar la fisioterapia ¿Cuál de los dos gráficos parece más amigable? Del 1 al 7 seleccione qué tan importante sería esto para la realización de su terapia, siendo 1 indiferente y 7 preferido:** Aquí, tres personas eligieron la Propuesta 2 con una nota promedio de 6,3 y dos personas eligieron la Propuesta 1 con una nota promedio de 7.
- **Para realizar la fisioterapia ¿Qué prefiere? ¿Cuál le gustaría? Del 1 al 7 seleccione qué tan importante sería esto para la realización de su terapia, siendo 1 indiferente y 7 preferido:** Aquí, tres personas eligieron la Propuesta 2 con una nota promedio de 6,3 y dos personas eligieron la Propuesta 1 con una nota promedio de 7.
- **Para realizar la fisioterapia ¿Cuál cree que le brinda mejor información? Del 1 al 7 seleccione qué tan importante sería esto para la realización de su terapia, siendo 1 indiferente y 7 preferido:** Aquí, cuatro personas eligieron la Propuesta 2 con una nota promedio de 6,3 y una persona eligió la Propuesta 1 con una nota promedio de 7.

Se evidenció que a pesar de que la Propuesta 2 tuvo una nota promedio menor (6,3 a diferencia de 7 en la Propuesta 1), esta fue elegida como favorita por mayor número de usuarios. Por esta razón, se decidió que para la versión final de la aplicación se utilizará la propuesta dos. Aparentemente, la menor nota de esta propuesta evidencia que para al menos un usuario no sería importante la integración de un juego para su proceso de recuperación. Por otra parte, la pregunta 3 del instrumento parece fuera de lugar y el instrumento puede ser mejor redactado.

3.3.4.1. Principios Heurísticos

Fueron publicados por Jakob Nielsen en 1995. Estos son las bases en las que se apoyan los diseñadores a la hora de realizar la evaluación de usabilidad de un sitio web, una aplicación móvil, un software o cualquier producto digital (19). De acuerdo al objetivo del sistema, se priorizan los siguientes principios heurísticos.

1. **Visibilidad del estado:** siempre que el usuario realice una acción en el sistema, se le dará una respectiva retroalimentación. Es decir, la aplicación mostrará información actual de lo que el usuario se encuentre haciendo.
2. **Control de usuario y libertad:** en caso de equivocaciones, el usuario inductor podrá rehacer y deshacer sus errores. Por ejemplo, crear prescripciones, editarlas, eliminarlas, entre otras.

3. **Diseño estético y minimalista:** interfaces gráficas con información relevante y concisa cuando el fisioterapeuta desee gestionar las prescripciones y el paciente desee ver sus fisioterapias y recompensas.
4. **Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores:** cuando el usuario cometa algún error y/o existan fallos en el sistema, se le notificará el error y solución respectiva. Además, a lo largo de la aplicación, existen otras notificaciones que guían al usuario.

3.3.4.2. Mockups

En el mundo del diseño y desarrollo de productos, los mockups se han convertido en una herramienta invaluable para crear y comunicar ideas de manera efectiva. Desde la creación de prototipos (Ver Figura 3.15) hasta la representación visual de interfaces. Los mockups del sistema móvil se detallan desde la Figura 3.16 hasta la Figura 3.35¹. El objetivo del tema básico (Abstracto) es ofrecer tranquilidad y comodidad visual al usuario. Sin embargo, se presentan opciones de personalización como Astros, Mar, Naturaleza y Anatomía (Ver Figura 3.24).

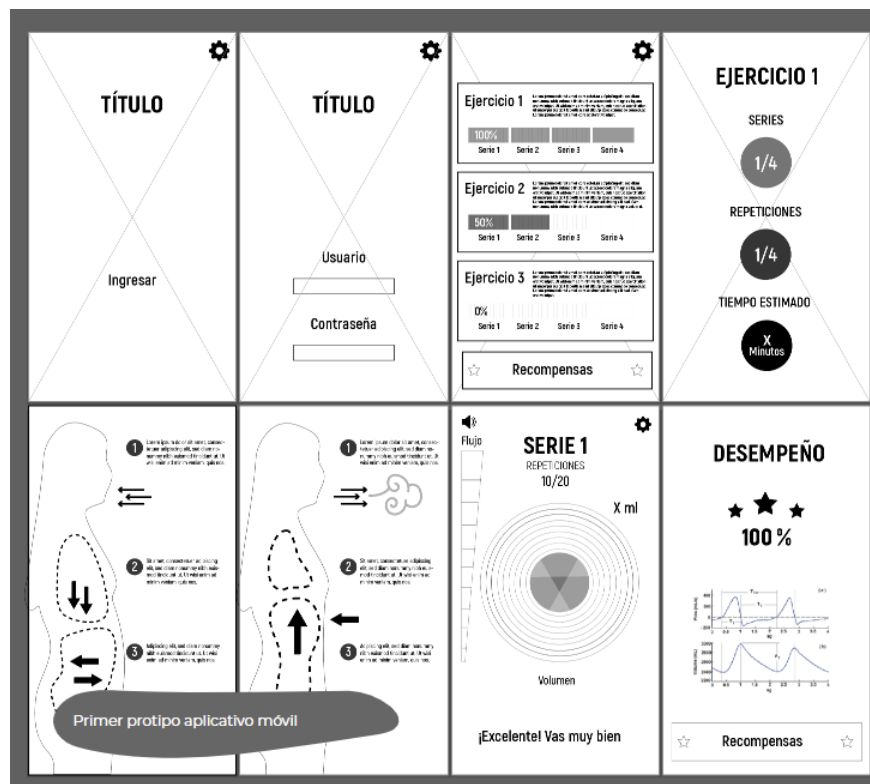


Figura 3.15: Prototipo del sistema móvil.

¹Diseñado por Gabriel Morales del equipo de investigación.



Figura 3.16: Iniciar sesión

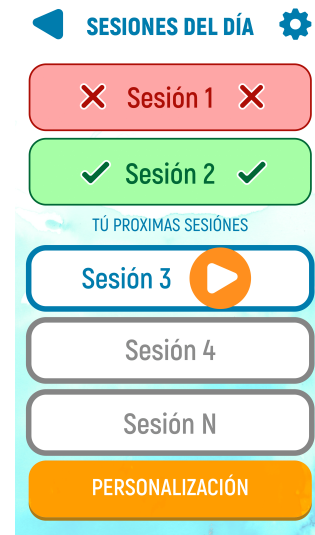


Figura 3.17: Lista fisioterapias del día

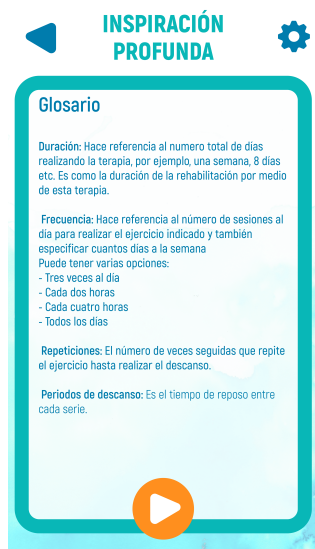


Figura 3.18: Glosario de fisioterapias



Figura 3.19: Video instructivo



Figura 3.20: Información fisioterapia

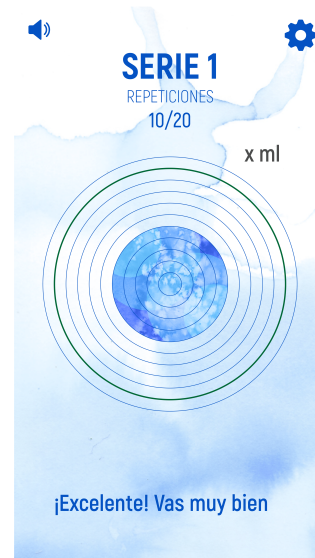


Figura 3.21: Nivel de juego con el ítem círculo

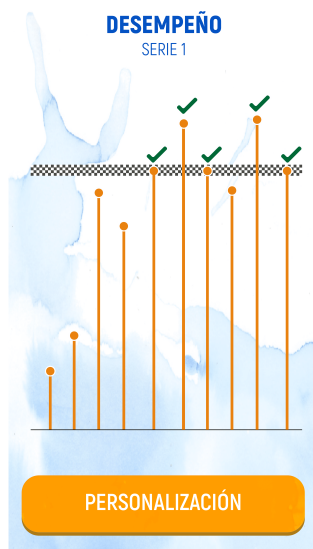


Figura 3.22: Gráfica por serie

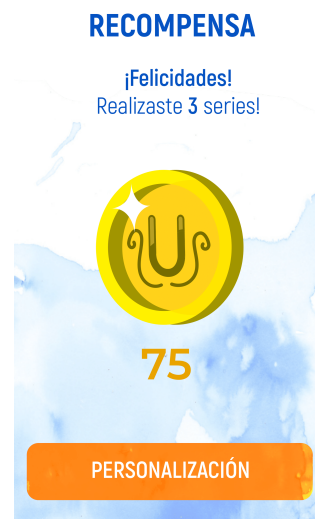


Figura 3.23: Recompensa obtenida por serie



Figura 3.26: Comprar tema

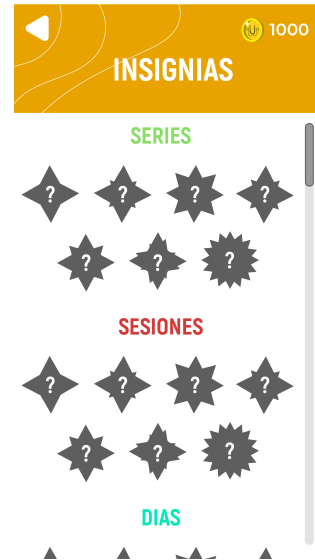


Figura 3.27: Insignias bloqueadas



Figura 3.24: Lista de temas para personalizar

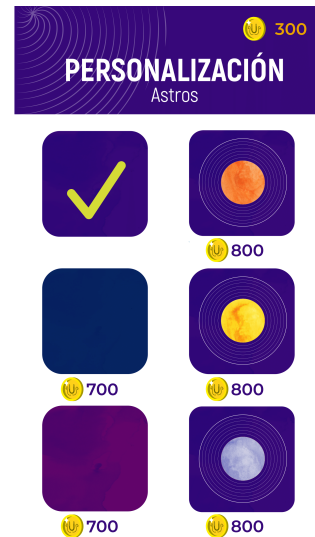


Figura 3.25: Lista de items por tema para personalizar

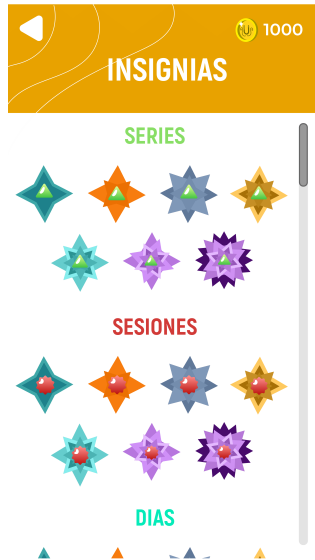


Figura 3.28: Insignias obtenidas



Figura 3.29: Descripción de las insignias

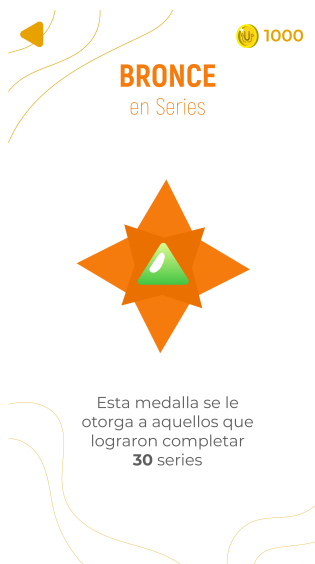


Figura 3.30: Insignia de bronce

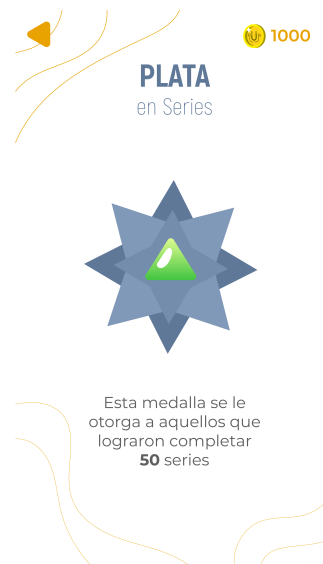


Figura 3.31: Insignia de plata



Figura 3.32: Insignia de oro



Figura 3.33: Insignia de platino

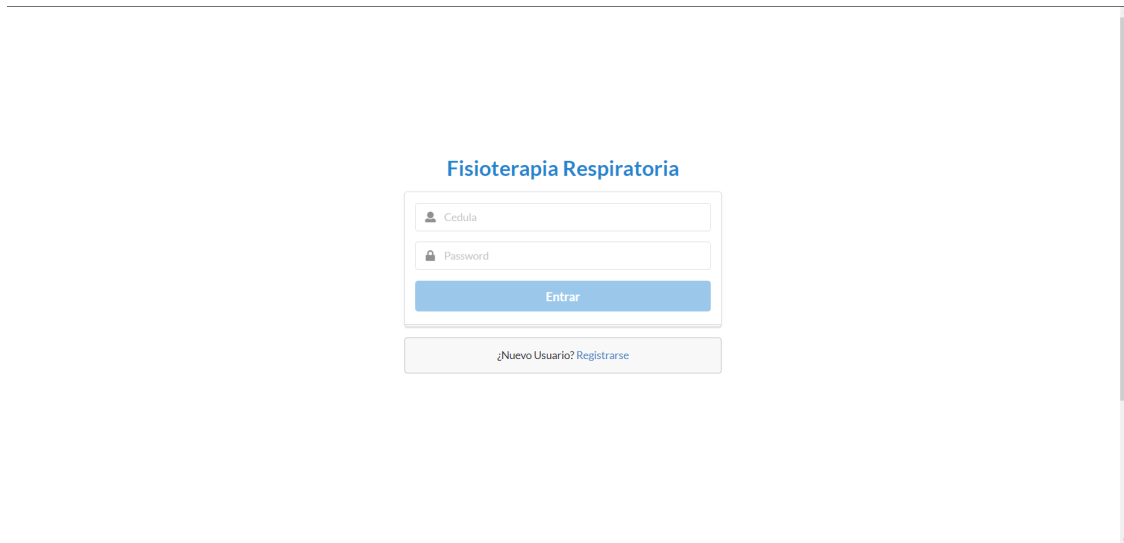


Figura 3.34: Insignia de diamante



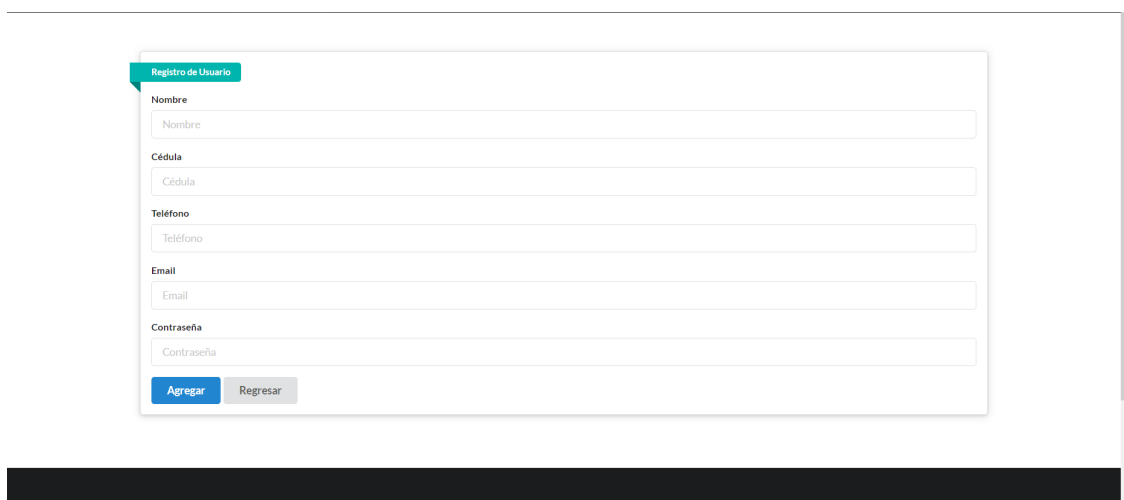
Figura 3.35: Insignia de obsidiana

Por otro lado, los mockups del sistema web se detallan desde la Figura 3.36 hasta la Figura 3.43). Se busca un diseño sencillo e intuitivo con colores sobrios. Sin embargo, se propone incluir información de la investigación relacionada con el proyecto “UBICU: Sistema Incentivo Respiratorio”, el cual es el que abarca este proyecto de grado, y refinar el diseño de la web para futuras versiones.



The screenshot shows a web interface for 'Fisioterapia Respiratoria'. At the top, the title 'Fisioterapia Respiratoria' is displayed in blue. Below the title, there is a login form with two input fields: 'Cedula' (with a person icon) and 'Password' (with a lock icon). A blue 'Entrar' button is positioned below these fields. At the bottom of the form, there is a link that reads '¿Nuevo Usuario? Registrarse'.

Figura 3.36: Iniciar sesión



The screenshot shows a user registration form titled 'Registro de Usuario'. The form contains several input fields: 'Nombre', 'Cédula', 'Teléfono', 'Email', and 'Contraseña'. At the bottom of the form, there are two buttons: 'Agregar' (highlighted in blue) and 'Regresar' (in grey).

Figura 3.37: Registrar fisioterapeuta

The screenshot shows a web interface for a user registration form titled "Registro de Usuario". The form is contained within a white box with a light blue header. It includes the following fields and controls:

- Nombre:** A text input field.
- Cédula:** A text input field.
- Edad:** A text input field.
- Sexo:** A dropdown menu with the text "Seleccione una opción".
- Peso (kg):** A text input field.
- Altura (cm):** A text input field.
- Teléfono:** A text input field.
- Email:** A text input field.
- Dirección:** A text input field.
- Ciudad:** A text input field.

At the bottom of the form are two buttons: "Agregar" (highlighted in blue) and "Regresar" (grey).

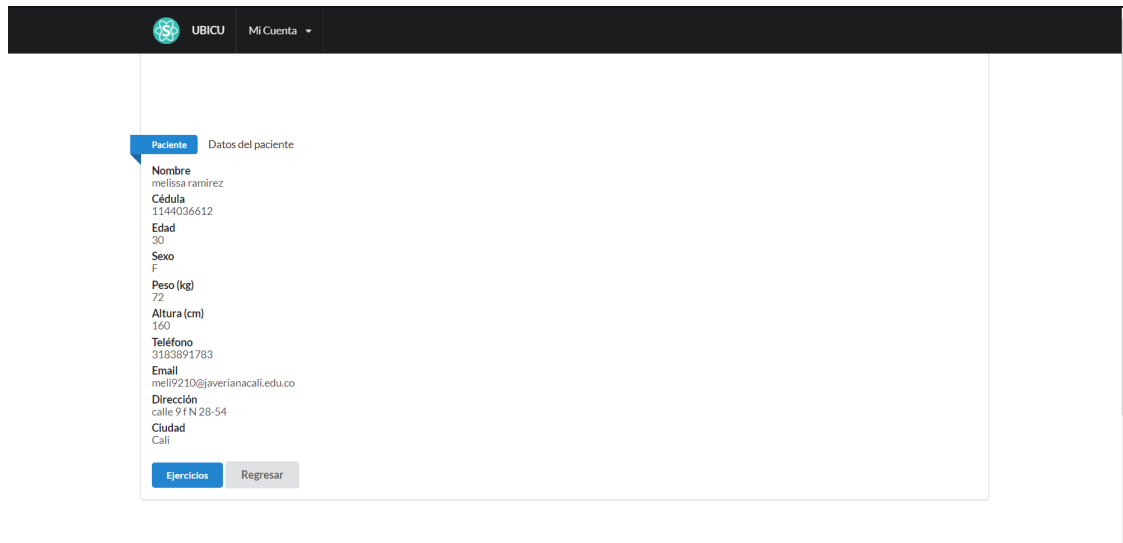
Figura 3.38: Registrar paciente

The screenshot shows a web interface for a patient list titled "Lista de pacientes". The table is contained within a white box with a light blue header. It has three columns: "Cédula", "Nombre", and "Acciones".

Cédula	Nombre	Acciones
1144036612	melissa ramirez	Ver >
		Agregar

At the bottom of the page, there is a footer with the UBICU logo and the following links: Site Map, Contact Us, Terms and Conditions, Privacy Policy.

Figura 3.39: Lista de pacientes por fisioterapeuta

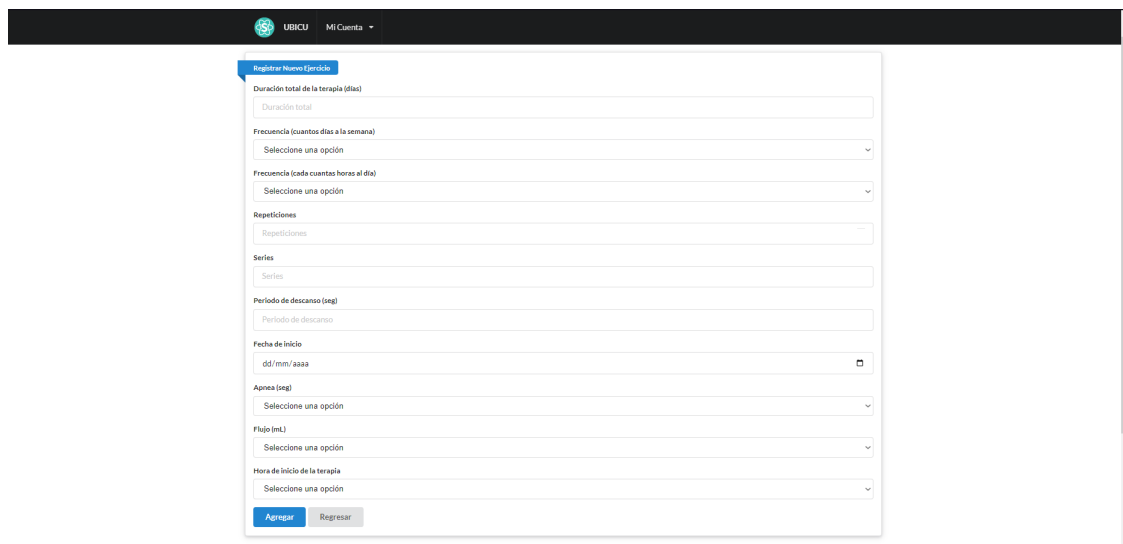


The screenshot shows a web interface for a patient's profile. At the top, there is a dark navigation bar with the UBICU logo and a 'Mi Cuenta' dropdown menu. Below this, a white panel displays the patient's details. A blue tab labeled 'Paciente' is active, and the title 'Datos del paciente' is shown. The patient information is listed as follows:

- Nombre:** melissa ramirez
- Cédula:** 1144036612
- Edad:** 30
- Sexo:** F
- Peso (kg):** 72
- Altura (cm):** 160
- Teléfono:** 3183891783
- Email:** meli9210@javerianacali.edu.co
- Dirección:** calle 91 N 28-54
- Ciudad:** Cali

At the bottom of the panel, there are two buttons: 'Ejercicios' (highlighted in blue) and 'Regresar'.

Figura 3.40: Información del paciente



The screenshot shows a form titled 'Registrar Nuevo Ejercicio' for recording a new exercise. The form contains the following fields:

- Duración total de la terapia (días):** A text input field.
- Frecuencia (cuantos días a la semana):** A dropdown menu with the text 'Seleccione una opción'.
- Frecuencia (cada cuantas horas al día):** A dropdown menu with the text 'Seleccione una opción'.
- Repeticiones:** A text input field.
- Serie:** A text input field.
- Período de descanso (seg):** A text input field.
- Fecha de inicio:** A date picker field showing 'dd/mm/aaaa'.
- Apnea (seg):** A dropdown menu with the text 'Seleccione una opción'.
- Flujo (mL):** A dropdown menu with the text 'Seleccione una opción'.
- Hora de inicio de la terapia:** A dropdown menu with the text 'Seleccione una opción'.

At the bottom of the form, there are two buttons: 'Agregar' (highlighted in blue) and 'Regresar'.

Figura 3.41: Registrar fisioterapia por paciente

UBICU Mi Cuenta

Nombre del paciente: melissa ramírez

Altura: 160

Edad: 30

Sexo: F

Capacidad vital: 16.93

Agregar Regresar

Prescripción

Nombre	Duración total de la terapia (días)	Frecuencia (cuantos días a la semana)	Frecuencia (cada cuantas horas al día)
Inspiración profunda	15	7 días	Cada 3h
Repeticiones	Series	Periodo de descanso (seg)	Fecha de inicio
5	2	10	14/03/2023
Fecha de fin	Apnea (seg)	Flujo (mL)	Hora de inicio de la terapia
20/03/2023	3 seg	1200 mL	8:00 am

Ver Gráfica >

Figura 3.42: Lista de fisioterapias por paciente

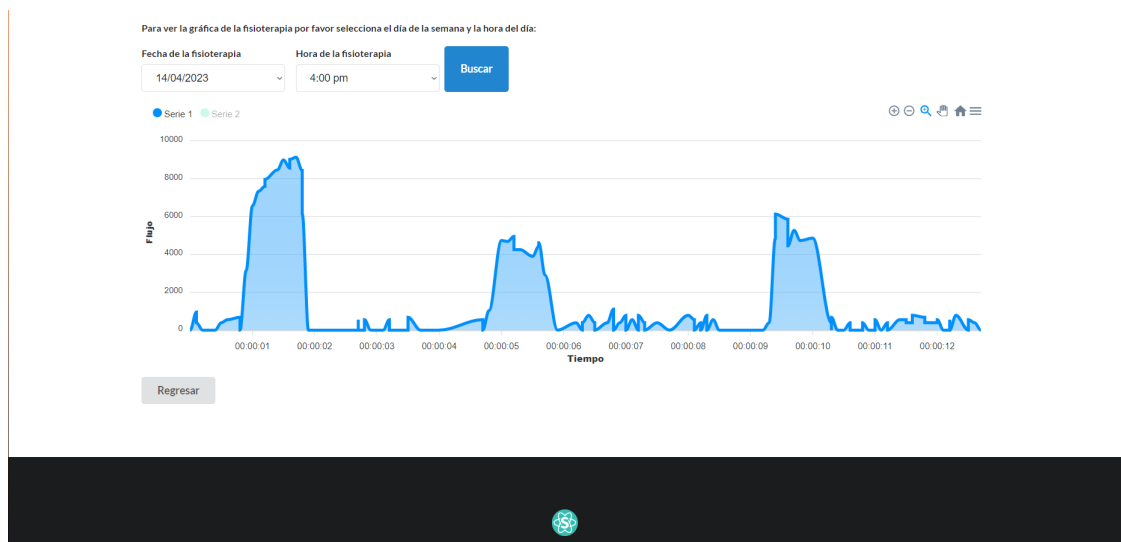


Figura 3.43: Gráfica por fisioterapia

3.4. Implementación

3.4.1. Unity

Para el desarrollo de este proyecto se planteó Unity y Babylon.js, los cuales son dos motores de juegos y aplicaciones 3D muy populares en la industria. Aunque comparten algunas similitudes, cada uno tiene sus propias características únicas y se utilizan en diferentes contextos.

Unity es la plataforma de desarrollo 3D en tiempo real líder en el mundo para la creación y explotación de este tipo de contenidos. Es ampliamente utilizado para crear juegos 3D, experiencias de realidad virtual y aumentada, y aplicaciones interactivas. Además, proporciona las herramientas necesarias para crear escenas 2D, animaciones o cinemáticas, y cuando se trata de gráficos, las capacidades de renderización en tiempo real de Unity permiten producir una fidelidad visual asombrosa con el Scriptable Render Pipeline (20).

Entre otras cosas, facilita la implementación de contenidos digitales en más de 25 plataformas y tecnologías líderes del sector para llegar al mayor público posible (Ver Figura 3.44). Finalmente, posibilita a artistas, diseñadores y desarrolladores trabajar juntos para crear experiencias inmersivas e interactivas.



Figura 3.44: Plataformas y tecnologías líderes en el sector compatibles con Unity (1).

Por otro lado, Babylon.js es un motor de juegos y aplicaciones web 3D que se enfoca en la creación de experiencias web interactivas. Babylon.js ofrece una gran cantidad de características y herramientas que lo hacen muy atractivo para desarrolladores web que buscan crear experiencias 3D en línea. Además, Babylon.js es de código abierto, lo que significa que cualquier persona puede contribuir al proyecto y mejorar la plataforma (21).

La elección entre Unity y Babylon.js dependió de las necesidades específicas del proyecto. Dada la popularidad en la industria, las facilidades a la hora de desarrollar juegos (2D y 3D) y la compatibilidad con diferentes plataformas, se optó por el uso Unity para crear el juego 2D para dispositivos

móviles con sistema operativo Android. Mientras que, si se está creando una aplicación web 3D, Babylon.js podría ser la elección correcta. En última instancia, ambas opciones son poderosas y pueden ayudar a los desarrolladores a crear experiencias 3D y juegos impresionantes.

3.4.2. PlayerPrefs

Una vez seleccionada la plataforma Unity como motor de videojuegos para este proyecto, se hizo uso de PlayerPrefs que es una clase de Unity que proporciona una forma sencilla de almacenar y recuperar datos persistentes en una aplicación. Utiliza un sistema de clave-valor para almacenar los datos. Cada valor se almacena asociado a una clave única que se utiliza para recuperarlo más tarde. Además, estos datos se almacenan en el dispositivo del usuario y pueden ser accesibles entre diferentes sesiones del juego o de la aplicación (22).

Este tipo de almacenamiento permite guardar y recuperar información de manera local como configuraciones del juego, puntajes, preferencias de usuario, y otros datos relevantes del juego.

Para almacenar datos se utiliza la sintaxis, donde XXX representa el tipo de dato que se quiere almacenar (por ejemplo, “Int” para un número entero):

```
PlayerPrefs.SetXXX(" clave" , valor );
```

Para recuperar los datos, se utiliza la sintaxis, donde XXX representa el tipo de dato que se quiere recuperar:

```
PlayerPrefs.GetXXX(" clave" );
```

Es importante tener en cuenta que PlayerPrefs no es una base de datos completa y solo se recomienda para almacenar datos simples y de baja complejidad. Por ende, se utilizó para almacenar datos del sistema de personalización, datos del sistema de recompensas y datos temporales de las terapias diarias. La información más robusta se almacena en MongoDB.

El sistema de recompensas almacena los puntajes por series, sesiones, días, semanas y totales. Se implementó bajo los parámetros expuestos en la figura 3.45 y se explican a continuación:

- Recompensas por tratamiento:
 - Cada serie completada le otorga 25 Ubicoins.
 - Cada sesión completada le otorga 100 Ubicoins.

Es decir, por un sesión o ejercicio completado, obtiene:

$$(cantidadSeries * 25) + 100$$

- Recompensas por tiempo:



Figura 3.45: Recompensas por cada ítem.

- Cada día completado le otorga 150 Ubicoins.
- Cada semana completada le otorga 300 Ubicoins.

Es decir, por un día completado, obtiene:

$$recompensaSesion = (cantidadSeries * 25) + 100$$

$$(recompensaSesion * cantidadSesionesPorDía) + 150$$

Mientras que, por una semana completada obtiene:

$$recompensaDiaria = (recompensaSesion * cantidadSesionesPorDía) + 150$$

$$(recompensaDiaria * díasPorSemana) + 300$$

Con respecto al sistema de personalización, este almacena 1 o 0 para determinar el tener o no un fondo o figura de alguno de los temas (Ver Figura 3.46). Finalmente, el sistema de insignias almacena 1 o 0 para determinar si ganó o no una insignia. Se implementó bajo las condiciones expuestas en la figura 3.47.

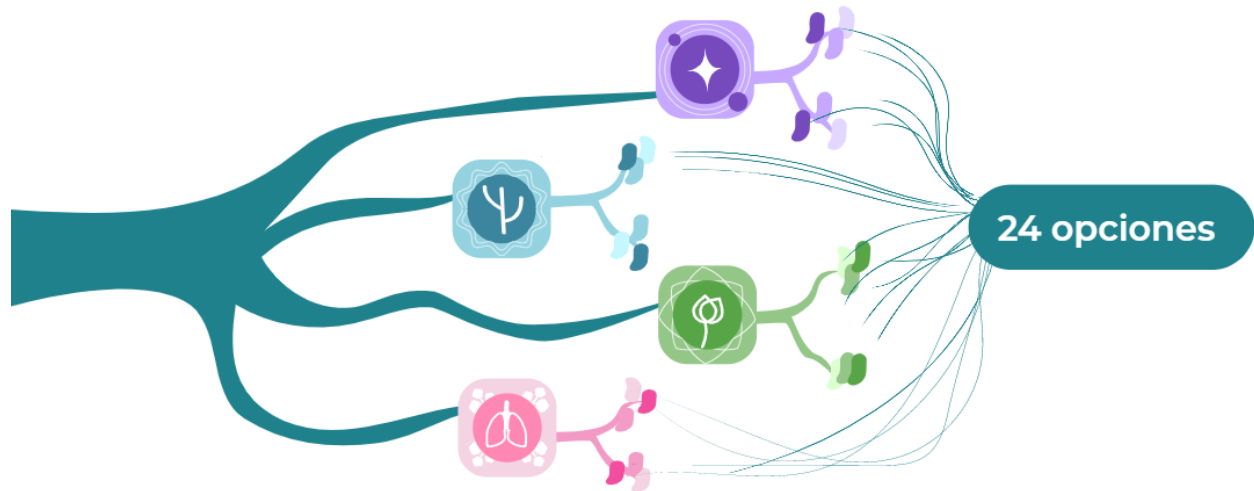


Figura 3.46: Árbol de personalización del juego.

	 ACERO	 BRONCE	 PLATA	 ORO	 PLATINO	 DIAMANTE	 OBSIDIANA
 Serie	10 Series	30 Series	50 Series	100 Series	300 Series	500 Series	1000 Series
 Sesiones	5 Sesiones	15 Sesiones	25 Sesiones	50 Sesiones	150 Sesiones	250 Sesiones	500 Sesiones
 Día	1 Días	3 Días	6 Días	12 Días	35 Días	75 Días	150 Días
 Semana	2 Semanas	4 Semanas	6 Semanas	10 Semanas	14 Semanas	20 Semanas	30 Semanas

Figura 3.47: Condiciones para ganar insignias.

3.4.3. ReactJs

Se evaluó el uso de React para desarrollar el sistema web del proyecto. Esta herramienta es una biblioteca de JavaScript de código abierto utilizada para construir interfaces de usuario (UI)

para aplicaciones web y móviles. Fue desarrollada por Facebook y está diseñada para simplificar la creación de componentes de interfaz de usuario reutilizables y escalables. React utiliza un enfoque basado en componentes para construir interfaces de usuario. Los componentes son elementos reutilizables que se pueden combinar para construir interfaces de usuario complejas. Estos componentes están diseñados para ser independientes, lo que significa que cada uno tiene su propio estado y puede ser actualizado sin afectar a los demás componentes (23).

React se ha convertido en una de las bibliotecas más populares para construir interfaces de usuario en la web y ha sido adoptada por muchas empresas, incluyendo Facebook, Instagram, Airbnb y muchas más. De acuerdo con los beneficios que se pueden encontrar al desarrollar con esta biblioteca, se optó por su uso. Algunos de estos es la facilidad de aprendizaje, ya que utiliza una sintaxis simple y legible fácil de entender. Además, su documentación es muy completa y cuenta con una gran comunidad de desarrolladores, lo que facilita el aprendizaje y la solución de problemas.

En segundo lugar, la reutilización de componentes para construir interfaces de usuario, lo que permite una mayor eficiencia y facilidad de mantenimiento. Los componentes son independientes y pueden ser utilizados en diferentes partes de la aplicación, lo que reduce la cantidad de código necesario para desarrollar una aplicación. Otra ventaja es el rendimiento, esto significa que sólo se actualizan los componentes que han cambiado, en lugar de toda la página, lo que resulta en una mejora significativa en el rendimiento de la aplicación.

3.4.4. MongoDB

MongoDB es una base de datos NoSQL (no relacional) de código abierto, desarrollada por MongoDB Inc. Es una base de datos orientada a documentos que permite almacenar datos en formato JSON (JavaScript Object Notation) con una estructura de tipo clave-valor (24).

En MongoDB, los datos se organizan en colecciones, que a su vez contienen documentos. Cada documento es una unidad de datos independiente, que puede ser almacenada sin seguir una estructura fija. Esto significa que cada documento puede tener diferentes campos y diferentes tipos de datos, lo que proporciona una gran flexibilidad en el almacenamiento y recuperación de datos. Esta característica permite elegir a MongoDB, ya que a futuro variar y adaptar la implementación de diferentes tipos de fisioterapias es clave.

MongoDB también es altamente escalable y puede manejar grandes volúmenes de datos y alta concurrencia de usuarios. Otra característica importante de MongoDB es su capacidad de indexación, que permite una recuperación de datos rápida y eficiente. MongoDB se ha convertido en una de las bases de datos NoSQL más populares en los últimos años, y es utilizada por empresas de todo el mundo para manejar grandes volúmenes de datos en aplicaciones web y móviles.

3.4.5. AWS

Amazon Web Services (AWS), una plataforma líder en servicios en la nube ofrecida por Amazon, la cual provee una infraestructura escalable y segura en la nube que incluye servicios de almacenamiento, computación, bases de datos, análisis, inteligencia artificial, Internet de las cosas (IoT), seguridad, redes, desarrollo de aplicaciones, entre otros (25). AWS proporciona una infraestructura de TI escalable y segura en la nube que permite a las empresas desarrollar, implementar y gestionar aplicaciones y servicios de forma eficiente. Algunos de los casos de uso comunes de AWS son: Alojamiento de sitios web y blogs, desarrollo y despliegue de aplicaciones, almacenamiento y recuperación de datos, procesamiento y análisis de datos e inteligencia artificial y aprendizaje automático.

En particular, Amazon Lightsail es un servicio de Amazon Web Services (AWS) que proporciona una interfaz fácil de usar y herramientas intuitivas que permiten a los desarrolladores desplegar y gestionar rápidamente aplicaciones web en la nube de AWS, sin tener que preocuparse por la complejidad de la infraestructura (26). Al ofrecer una solución simplificada para la implementación y gestión de aplicaciones web, se pueden crear instancias con solo unos pocos clics, lo que simplifica el proceso de implementación y puesta en marcha de servicios web. Gracias a esto, se logró la creación y gestión de una instancia de MongoDB y otra de NodeJS.

Además, Amazon Lightsail ofrece características como monitoreo de rendimiento, copias de seguridad automáticas, gestión de dominios, certificados SSL y escalabilidad, lo que facilita la administración y el mantenimiento de las instancias de servicios web en la nube. Esto permite a los desarrolladores centrarse en la implementación de su lógica de negocio y funcionalidades, en lugar de preocuparse por la infraestructura y la gestión del servidor (26).

3.4.6. Servicios web

La integración de aplicaciones y servicios es fundamental para el desarrollo de aplicaciones web robustas y escalables. Una de las tecnologías clave en este contexto son las APIs (Interfaces de Programación de Aplicaciones), que permiten la comunicación entre diferentes aplicaciones y servicios en la web. En este capítulo, se explora la implementación del API utilizando tecnologías populares como ReactJS con JavaScript, NodeJS y MongoDB. Para este proyecto se crearon los siguientes servicios:

1. **Servicio de autenticación (pacientes y fisioterapeutas):** Se crean dos servicios, los cuales permiten el ingreso a la aplicación móvil y web para usuarios pacientes y fisioterapeutas, respectivamente. El primer servicio autentica al paciente a través de su número de identificación y los últimos cuatro dígitos de el celular registrado. Mientras que el segundo autentica al fisioterapeuta con su número de identificación y una contraseña. Una vez iniciada su sesión, se les otorgará un token en que dura dos horas para el acceso a la información.
2. **Servicio de creación de usuarios (pacientes y fisioterapeutas):** Se crean dos servicios

que permiten el registro de pacientes y fisioterapeutas. Para el primer caso, se requiere el token ya que la creación de pacientes se realiza desde la sesión de un fisioterapeuta. Mientras que la creación de fisioterapeutas se realiza de manera pública.

3. **Servicio de consulta de pacientes por fisioterapeuta:** Se crea un servicio que permita buscar todos los pacientes asociados a un fisioterapeuta y posteriormente ver el detalle de cada uno.
4. **Servicio de creación de fisioterapias:** Se crea un servicio que permite registrar una fisioterapia de tipo inspiración profunda por cada paciente.
5. **Servicio de consulta de fisioterapias por paciente:** Se crea un servicio que permita buscar todas las fisioterapias asociadas a un paciente para su realización y posteriormente ver el detalle de cada una.
6. **Servicio de creación de resultados:** Se crea un servicio que permite registrar los resultados obtenidos por cada paciente respecto flujo inspirado, tiempo de inspiración, hora y fecha de la fisioterapia.
7. **Servicio de consulta de resultados por fisioterapia:** Se crea un servicio que permitan buscar los resultados de cada paciente por cada fisioterapia y posteriormente ser graficados para mayor entendimiento.

Además de la implementación de servicios web con ReactJS, NodeJS y MongoDB, es esencial destacar la importancia de la integración con otras tecnologías clave, Unity, especialmente cuando se tiene un software móvil gamificado y web que necesitan interactuar. La integración de servicios web con Unity nos permite conectar los juegos o aplicaciones móviles con servicios en la nube, lo que abre un mundo de posibilidades. En este punto, es cuando interviene AWS, ya que la utilización de Amazon Lightsail para implementar instancias de MongoDB y NodeJS en la nube de AWS (Ver Figura 3.48) puede tener un impacto positivo en la escalabilidad, rendimiento y disponibilidad de los servicios web, permitiendo una implementación eficiente y confiable de servicios web integrados en aplicaciones móviles y web.

Good evening!

Filter by name, location, tag, or type

Instances Containers Databases Networking Storage Domains & DNS Snapshots

Sort by **Date** ▾ Create instance




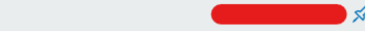


 mongodb-1 512 MB RAM, 1 vCPU, 20 GB SSD	 
Running 	 
Virginia, Zone A	Virginia, Zone A

Figura 3.48: Instancias en Amazon Lightsail de MongoDB y NodeJs respectivamente.

Evaluación

4.1. Metodología

La evaluación funcional del software es un proceso fundamental dentro de la metodología de evaluación. Esta se basa en la revisión de los requisitos funcionales establecidos previamente, los cuales definen las características y funcionalidades que el software debe poseer para cumplir con los objetivos y necesidades del usuario final. Por lo tanto, la evaluación funcional verifica y valida las funcionalidades de los sistemas desarrollados al comprobar que el software satisface los requisitos y que su comportamiento se ajusta a lo esperado.

Este proceso incluyó pruebas de humo (*smoke tests*), en las que se verifica que las funciones básicas del sistema funcionan correctamente después de una implementación o actualización. Estas pruebas son simples y se centran en las funciones clave y la estabilidad general del sistema. Además, pruebas de integración, donde se verifica el correcto funcionamiento de las diferentes partes del software en conjunto (móvil y web). Con el fin de abarcar la identificación de las funciones clave del sistema, establecer la cobertura necesaria para garantizar un buen funcionamiento inicial y resolución de posibles errores o fallos, se empleó la Matriz de Descomposición Funcional (MDF) de la tabla 4.1. Los errores encontrados durante las pruebas pueden manifestarse en forma de defectos o comportamientos inesperados, y es crucial detectarlos y corregirlos antes de que el software sea implementado y evaluado por el usuario.

Proceso	Subproceso	Funcionalidad	Descripción	Tipo de funcionalidad
		Registrar fisioterapeutas	Como usuario fisioterapeuta requiero registrar usuarios de tipo fisioterapeuta con los campos: nombre, cédula, teléfono, email, contraseña y repetir contraseña. Al finalizar, realizar confirmación de los datos.	Gestión
		Registrar pacientes	Como usuario fisioterapeuta requiero registrar pacientes con los campos: nombre, cédula, edad, sexo (Femenino, Masculino), peso (kg), altura (cm), teléfono, email, dirección y ciudad.	Gestión
	Gestión de cuentas de usuario	Iniciar sesión como fisioterapeuta	Como usuario fisioterapeuta requiero ingresar la cédula y contraseña para iniciar sesión.	Gestión
		Iniciar sesión como paciente	Como usuario paciente requiero ingresar la cédula para iniciar sesión.	Gestión

Proceso	Subproceso	Funcionalidad	Descripción	Tipo de funcionalidad
	Gestión de pacientes	Listar pacientes	Como usuario fisioterapeuta requiero ver un listado de todos los pacientes registrados en el sistema con el número de cédula, el nombre, y las opciones: eliminar y ver detalles. Además, al inicio de la lista debe aparecer la opción registrar usuario.	Gestión
		Ver detalles de los pacientes	Como usuario fisioterapeuta requiero ver información detallada del paciente como: nombre, cédula, edad, sexo (Femenino, Masculino), peso (kg), altura (cm), teléfono, email, dirección y ciudad. Además, un botón para ver los ejercicios asociados a este.	Gestión
	Administración de ejercicios	Listar ejercicios por paciente	Como usuario fisioterapeuta requiero ver un listado de los ejercicios de cada paciente con los campos: nombre, duración total de la terapia, frecuencia (cuantos días a la semana y cada cuantas horas), repeticiones, series, periodos de descanso, fecha inicio de la terapia, fecha fin de la terapia, y las opciones: editar y ver gráfica. Además, un botón al inicio para agregar ejercicios. Si el ejercicio es inspiración profunda: incluir apnea y flujo.	Gestión
		Crear el ejercicio semanal	Como usuario fisioterapeuta requiero crear el ejercicio semanal con los campos: nombre, duración total de la terapia (días), frecuencia (cuantos días a la semana y cada cuantas horas) (numérico), repeticiones (numérico), series (numérico), periodos de descanso (segundos), fecha inicio de la terapia (calendario) y hora de inicio de la terapia. Si es la primera terapia, puede crearla cualquier día, sino solo puede crearla el último día de la última terapia. Si el ejercicio es inspiración profunda: incluir apnea (1s, 2s, 3s) y flujo (600, 900, 1200, 1500, 1800, 2100, 2400).	Gestión
		Listar gráficas de un ejercicio por paciente	Como usuario fisioterapeuta requiero ver las gráficas que pertenecen a un ejercicio, y filtrar por fecha, número de sesión y número de serie. Además, indicar el flujo determinado para ese ejercicio y poder desplazarme a través de la gráfica (zoom in y zoom out) para detallar los datos. Incluir la información de cuantas veces paso el limite prescrito, una sección de comentarios y el botón guardar.	Reporte mixto
		Habilitar/Inhabilitar los ejercicios del paciente	El sistema habilita el ejercicio que corresponde a la semana actual e inhabilita los ejercicios que no corresponden.	Parametrización
		Obtener datos del ejercicio seleccionado	El sistema permite integrarse a una app móvil que envía los datos de flujo, tiempo del paciente y recompensas obtenidas en el ejercicio.	Transaccional

Proceso	Subproceso	Funcionalidad	Descripción	Tipo de funcionalidad
	Gestión de sesiones	Listar las sesiones del día	Como usuario paciente requiero ver las sesiones correspondientes a un día asignadas por un fisioterapeuta.	Gestión
		Seleccionar una sesión del día	Como usuario paciente requiero seleccionar que sesión se va a realizar y ver el número de la sesión.	GUI
		Ver información de la sesión	Como usuario paciente requiero ver las indicaciones del ejercicio (inspiración profunda) y la especificación del ejercicio correspondientes. * Especificación: repeticiones, series, apnea y periodo de descanso.	Gestión
		Realizar ejercicio seleccionado	Como usuario paciente requiero ver la interfaz del ejercicio seleccionado, el número de serie actual y el número de repeticiones actuales. El límite del ejercicio se establece de acuerdo a la prescripción.	Gestión
		Indicar el estado de las sesiones	El sistema muestra las sesiones finalizados con una marca de check y los ejercicios pendientes sin marca. Además, si la sesión no se realizó cuando estuvo habilitada, no tiene marca y se inhabilita.	Parametrización
		Indicar el progreso durante el ejercicio	El sistema calcula el progreso durante el ejercicio, es decir series y repeticiones realizadas.	Parametrización
		Obtener los ejercicios programados	El sistema permite integrarse a un sistema web que envía a fisioterapia semanal asignada día a día.	Gestión
		Obtener datos del paciente con el inspirómetro	El sistema permite integrarse a un inspirómetro digital que detecta el flujo (float) y la presencia de apnea (boolean) del paciente, para luego utilizar esos datos como parámetros del ejercicio seleccionado.	Transaccional
		Enviar datos del ejercicio seleccionado	El sistema permite integrarse a un sistema web para enviar los datos de flujo, tiempo del paciente y recompensas obtenidas en el ejercicio seleccionado.	Gestión
		Ver recompensas por ejercicio	Como usuario paciente requiero ver las recompensas obtenidas al finalizar el ejercicio.	Gestión
	Asignar recompensas	El sistema asigna recompensas a los usuarios por las metas logradas. * Si completa una serie: 25 puntos * Si completa una sesión: 100 puntos * Si completa todas las sesiones del día: 150 puntos * Si completa todas las sesiones de la semana: 300 puntos	Parametrización	
	Ver insignias	Como usuario paciente requiero ver las insignias obtenidas por todas las fisioterapias realizadas.	Gestión	

Proceso	Subproceso	Funcionalidad	Descripción	Tipo de funcionalidad
Gestión de fisioterapias	Gestión de premios	Asignar insignias	El sistema asigna insignias a los usuarios por las metas logradas. Los niveles son Acero, Bronce, Plata, Oro, Platino, Diamante y Obsidiana. * Si completa en series: 10, 30,50,100,300,500, 1000 * Si completa en sesiones: 5, 15,25,50,150,250, 500 * Si completa en días: 1,3,6, 12,35,75,150 * Si completa en semanas: 2,4,6,10,14,20,30	Parametrización
	Gestión de la personalización	Listar tema de personalización	Como usuario paciente requiero ver los temas que se pueden usar en la personalización.	Gestión
		Seleccionar tema de personalización	Como usuario paciente requiero seleccionar un tema de personalización.	GUI
		Listar opciones de personalización	Como usuario paciente requiero ver las opciones de fondos y figuras asociadas a un tema de personalización.	Gestión
		Seleccionar opciones de personalización	Como usuario paciente requiero seleccionar las opciones de fondos y figuras asociadas a un tema de personalización que estén habilitadas. Sino, poder comprar las que no están disponibles.	GUI
		Ver detalles de las opciones de personalización	Como usuario paciente requiero ver el fondo, la figura y la descripción del tema seleccionado. Además, un botón de usar para seleccionar el fondo o la figura.	Gestión
		Habilitar la personalización	El sistema obtiene los datos de personalización guardados por el usuario y muestra el tema del nivel del juego de acuerdo a ese dato.	Parametrización

Tabla 4.1: Matriz de Descomposición Funcional del Sistema Integrado

La metodología de evaluación utilizada en las pruebas de usuario (UAT) fue a través de una *evaluación sumativa*, la cual tiene como propósito determinar e informar el nivel de aprendizaje alcanzado por un usuario. Así, se evaluó un grupo pequeño de usuarios (no pacientes) y un grupo de fisioterapeutas, y de esta manera, se presentan estadísticas que miden el nivel de dominio y aceptación alcanzado por estos frente a la aplicación móvil y sistema web respectivamente. Adicionalmente, medir la motivación en la realización de la fisioterapia como factor que contribuye a fomentar la apropiación de estas. A partir de lo anterior, bajo el plan de pruebas de la tabla 4.2 se lograron evaluar 7 para realizar fisioterapia respiratoria con el dispositivo de reexpansión pulmonar y el software.

4.2. Resultados

A partir del plan de evaluación, se muestran los resultados de las encuestas realizadas a usuarios (no pacientes) (Ver Tabla 4.3) y fisioterapeutas (Ver Tabla 4.4).

Objetivo	Medir el nivel de dominio, aceptación y la motivación en la realización de la fisioterapia como factor que contribuye a fomentar la apropiación de estas.
Vista general	<p>El plan consistió en:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Tomar un grupo de fisioterapeutas para evaluarlos durante la creación de usuarios (Caso A1), y la creación y administración de fisioterapias (Caso A2). * Tomar un grupo de usuarios (no pacientes) para evaluarlos durante la realización de la fisioterapia asignada (Caso B1) y solicitar que exploren el sistema de personalización (Caso B2). * Entrevistamos ambos usuarios.
Población de usuarios prevista	<ul style="list-style-type: none"> * Estudiantes de fisioterapia de últimos semestres y profesionales. * Usuarios sanos.
Proceso de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> * Presentamos la aplicación final a los fisioterapeutas y usuarios, y contextualizamos. * Se realiza un seguimiento de una semana por parte del fisioterapeuta a través de la web. * Los datos se recogieron durante el escenario planteado a través de encuestas. * Los datos se analizaron en términos de estadística descriptiva. * Se preparó un resumen para informar la experiencia.
Objetivo de la aplicación	Acompañar el proceso de terapias de reexpansión pulmonar con técnicas de inspiración profunda.
Personal responsable	El equipo de fisioterapeutas e ingenieros se encargó de las pruebas y recolección de los datos.

Tabla 4.2: Plan de Evaluación de la aplicación.

¿Qué tan involucrado se sintió con el juego? (1 - nada. 6 - totalmente)	¿Qué tanto recordó que estaba haciendo un ejercicio respiratorio? (1 - nunca. 6 - siempre)	¿Qué tan buen desempeño siente que tuvo en el juego? (1- muy bajo. 6 - excelente)	¿Qué tanta tensión o estrés sintió al jugar el juego? (1 - muy poca. 6 - mucha)
5	3	6	2
5	6	5	1
3	4	4	3
4	2	5	1
5	4	6	3
4	4	6	1
6	6	6	2
4	4	5	5
4	2	5	1
6	6	4	4
4,6	4,1	5,2	2,3
¿Qué tan difícil le pareció el juego? (1 - muy fácil. Nada retador. 6 - muy difícil y retador)	¿Qué tan claras fueron las instrucciones para jugar el juego? (1 - muy confusas. 6 - muy claras)	¿Qué tanta libertad tuvo para cambiar fondos y formas y personalizar su juego? (1 - ninguna. 6 - mucha)	¿Cómo calificaría su experiencia de juego? (1 - muy negativa. 6 - muy positiva)
5	5	4	5
3	6	4	6
2	3	4	4
3	5	6	5
2	5	5	6
1	4	4	5
5	6	1	6
2	4	3	5
1	5	6	4
1	6	1	4
2,5	4,9	3,8	5
¿Qué le cambiaría al juego?			
Me parece que está excelente y es muy entretenido. Las mecánicas de personalización podrían ser mejor explicadas, considerando personas para las que no es tan fácil usar dispositivos.			
Me gustaría hacer ejercicios de forma autónoma sin necesidad de tener prescripción			
El reto inicial de inflar una bola puede rápidamente pasar de alentador a monótono. Las posibilidades son limitadas. Y quizá, una historia que evoluciona con el desarrollo de la terapia sería más que adherente, sería estimulante.			
Nada			
Una oz que anunciará cuando se debe soltar el aire			
Que recuerde usuario y contraseña			
Que la contraseña de entrada queden fijas y que no tenga que estar digitandolas cada vez que se va a utilizar.			
Conseguir cambiar de fondos con todo los UBICOINS que hay por ganar es complejo un poco			
formas de avatar			
A veces cuando tomaba al aire no se movía la bolita y daba mucha rabia. Si se modificara esas dificultades sería muy bueno			

Tabla 4.3: Resultados Encuesta de Jugabilidad para Usuarios.

En el caso de la página web, la respuesta más baja fue **4,4** para la pregunta “**Puedo corregir errores fácil y rápidamente**”. Para esta evaluación inicial faltan algunas funcionalidades de edición que permitan corregir datos erróneamente ingresados, por lo que este apartado se continuará a futuro.

Me ayuda a realizar un seguimiento más efectivo a mis pacientes	Me ayuda a atender un mayor número de pacientes	Es un instrumento útil para el apoyo a la fisioterapia	Me permite tener un mayor control de la recuperación de mis pacientes
6	5	6	6
6	6	6	6
6	4	6	5
5	3	6	6
6	6	6	6
5	6	6	6
6	5	5	5
3	3	3	3
5,4	4,8	5,5	5,4
Facilita la evolución de los pacientes en los procesos de recuperación	Me permite ahorrar tiempo en las actividades relacionadas con la fisioterapia de los pacientes	Ofrece las opciones necesarias y suficientes para un incentivo respiratorio	Cumple mis expectativas
5	6	5	6
5	5	5	5
5	3	5	5
6	5	5	5
6	6	6	6
6	6	5	6
5	6	5	5
3	3	3	3
5,1	5,0	4,9	5,1
¿Qué otras opciones sugeriría y que expectativas adicionales tiene respecto a la aplicación?			
Debe tener una manera de establecer una comunicación entre el fisioterapeuta y su paciente, ya sea por un chat o por algo similar			
Vincular una tipo alarma para que el paciente recuerde la hora que le toca y seguimiento entre sesiones preguntar si presenta algún síntoma como mareo o ahogo. Desde la app de fisio poder modificar la prescripción son dificultad que afecte la terapia del paciente.			
Nada adicional			
Que sea de un costo que facilite el acceso por parte de los profesionales.			
Notificaciones en tiempo real de aspectos relevantes por cada paciente			
Poder escribir mis retroalimentaciones			
Sugeriría un reconocimiento motivacional al paciente cada que se cumplan las metas del tratamiento, para mejorar la adherencia.			
Muy buenas expectativas ya que su manejo es de gran utilidad, fácil a la hora de ponerla en practica			
Es fácil de usar	Es simple de utilizar	Es amigable al usuario	Requiere el menor número de pasos posible para lograr lo que quiero lograr al usarla
6	6	6	5
6	6	6	6
6	6	6	6
6	5	6	5
6	6	6	6
6	6	6	6
5	5	5	5
3	3	3	3
5,5	5,4	5,5	5,3
La puedo utilizar sin instrucciones escritas	No noto inconsistencias cuando la uso	Puedo corregir errores fácil y rápidamente	Puedo usarla exitosamente siempre

6	5	5	5
5	6	4	5
6	6	3	6
5	5	5	4
6	5	6	5
5	6	4	5
4	5	5	5
3	3	3	3
5,0	5,1	4,4	4,8
La aprendí a usar rápidamente	Recuerdo fácilmente cómo utilizarla	Siento satisfacción	La recomendaría a otras personas
6	5	6	6
6	6	6	6
6	6	5	5
6	5	5	5
6	6	6	6
5	5	5	5
5	5	5	5
3	3	3	3
5,4	5,1	5,1	5,1
Siento la necesidad de usarla	Es placentero utilizarla	¿Qué le cambiaría a la aplicación?	
5	6	Debe tener una manera de establecer una comunicación entre el fisioterapeuta y su paciente, ya sea por un chat o por algo similar. Por lo demás, se presenta amigable al usuario	
5	5	No le cambiaría, agregaría recomendaciones descritas arriba	
4	4	Poder corregir y cambiar prescripción, sin necesidad de eliminar y hacer una nueva.	
5	5	Por ahora nada, faltaría usarla para verificar su facilidad de uso.	
5	5	En lo posible monitoria complementaria de signos vitales	
6	6	Añadir un espacio para agregar mi retroalimentación por el lado de las gráficas	
4	4	Me parece que el diseño hasta el momento es muy completo.	
3	3	Todo muy claro no le haría ningún cambio	
4,6	4,8		

Tabla 4.4: Resultados Encuesta de Usabilidad para Fisioterapeutas.

Para la aplicación móvil, la respuesta más baja fue **3,8** para la pregunta “**¿Qué tanta libertad tuvo para cambiar fondos y formas y personalizar su juego? (1 - ninguna. 6 - mucha)**”. En ese caso, se analiza que las personas que solo tiene como objetivo finalizar sus fisioterapias programadas por una semana, no desean explorar las opciones de personalización aunque se les haya explicado con anterioridad.

En general, ambos software llaman la atención y tienen potencial para continuar el desarrollo y las pruebas en pacientes con secuelas COVID19. A futuro se completará el mismo proceso de evaluación en pacientes con secuelas COVID19. El proceso de selección de estos pacientes consiste

en determinar su capacidad vital forzada de acuerdo con su talla y peso. Después, evaluarla con ayuda de un espirómetro y determinar su aptitud para las pruebas si el resultado es menor al 80 % de lo predicho.

Conclusiones

En el presente proyecto de grado se logró desarrollar un sistema web de monitoreo y una aplicación móvil gamificada para apoyar la realización de terapias de reexpansión pulmonar con técnicas de inspiración profunda, integrados a un inspirómetro digital. El funcionamiento de la aplicación móvil consiste conectarse con un inspirómetro digital del cual recibirá datos de flujo realizados por el paciente; segundo, utilizar los datos recibidos para la mecánica de movimiento del avatar en el juego, el cual estará basado en la terapia; tercero, enviar los datos de flujo y tiempo obtenidos en la fisioterapia a la aplicación web; cuarto, obtener recompensas para canjear fondos y figuras que permitan personalizar el juego; finalmente, obtener insignias de reconocimiento por las fisioterapias realizadas. Por otro lado, el funcionamiento de la página web es permitir al fisioterapeuta ver el progreso de los pacientes a través de gráficas y gestionar los ejercicios de fisioterapia según su evolución.

A partir de lo anterior, en la fase de levantamiento de requerimientos se parte de las soluciones de software actuales (prototipos de la fase inicial de este proyecto). Gracias a las reuniones con los principales actores del sistema (pacientes, fisioterapeutas, equipo de desarrollo) se hizo la captura de requisitos, y se obtuvo la opinión sobre el funcionamiento de dichos prototipos y lo que se esperaba para este nuevo desarrollo. Así, se identificaron las fortalezas y falencias para determinar las mejoras correspondientes, se crearon nuevos requerimientos y se refinaron los existentes con ayuda de técnicas de obtención de requisitos. Además, se acotó el problema ya que únicamente se reconoce el proceso de reexpansión pulmonar con técnica de inspiración profunda para llevar a cabo una terapia respiratoria (Ver Indicaciones 6.3).

Ahora bien, para terminar de definir los aspectos de las terapias respiratorias de reexpansión pulmonar con técnicas de inspiración profunda que se incorporan en la aplicación como requerimientos del sistema, se continuó con el proceso de diseño mediante un proceso de ingeniería de software soportado por principios de diseño de juegos o gamificación. Se desarrollaron mockups antes de llegar al concepto de arte definitivo. Se priorizó la creación de interfaces cómodas e intuitivas que faciliten al usuario controlar y retroalimentar acciones a lo largo de la aplicación con la ayuda de notificaciones. Por un lado, la web tiene un papel administrativo y los colores tienen que cumplir el papel de formalidad y permitir que la información que se muestra en la pantalla, sea fácil de visualizar e interpretar de forma rápida. Mientras que, el paciente debe sentirse cómodo y conectado con la aplicación. Es por esto que el juego tiene un tema básico (Abstracto) que ofrece tranquilidad y comodidad visual al usuario, y las opciones de personalización son: Astros, Mar, Naturaleza y Anatomía.

Para la implementación del diseño propuesto de la solución de software tanto en la parte web como móvil, se analizaron múltiples softwares que permitieran el desarrollo de un juego serio y finalmente se escogió Unity3D como motor de desarrollo de juegos apoyado por la base de datos local PlayerPrefs para el almacenamiento del sistema de personalización, recompensas e insignias. Mientras que para la página web se optó por ReactJs gracias a su facilidad de aprendizaje, documentación completa, reutilización de componentes y rendimiento. Complementario al PlayerPrefs, se usa MongoDB por su flexibilidad de almacenamiento, recuperación eficiente de los datos, escalabilidad, y manejo de grandes volúmenes de datos y alta concurrencia. Finalmente, se hizo uso de AWS Lightsail para crear instancias que alojan MongoDB y NodeJs.

Respecto a la validación de la usabilidad del sistema y que su funcionamiento se adecue al proceso de terapia respiratoria, se realizaron pruebas de la página web a estudiantes de fisioterapia de últimos semestre y profesionales, y para la aplicación móvil se probó en usuarios (no pacientes). Hoy día la fase de pruebas en pacientes con secuelas COVID19 se está llevando a cabo. Sin embargo, será un trabajo futuro ya que para seleccionar un paciente se determina su capacidad vital forzada de acuerdo con su talla y peso. Después, evaluarla con ayuda de un espirómetro y determinar su aptitud para las pruebas si el resultado es menor al 80 % de lo predicho.

Por último, algunos retos presentados durante el desarrollo fueron los requerimientos “sorpresa”. Aunque se siguió un proceso minucioso en la extracción de requerimientos como se evidencia a lo largo del documento, sobre la marcha se iban descubriendo nuevas necesidades de los usuarios (fisioterapeutas y pacientes), por lo que se tuvo que ajustar los requerimientos iniciales y cambiar las prioridades a lo largo del proyecto. Sin embargo, se logró satisfactoriamente cumplir y mantener los objetivos específicos del proyecto. Por otro lado, al trabajar en un equipo multidisciplinar, la integración de las partes del producto final requiere planeación. En particulares ocasiones, se ajustó el cronograma según los cambios del equipo para cumplir con los objetivos y lograr la integración del hardware y el software.

A futuro se propone incluir información de la investigación del proyecto UBICU en la página web, y refinar el diseño y funcionalidades de la misma. Adicionalmente, incluir más opciones de personalización referentes al círculo y pulmones con el fin de variar la mecánica de juego, la cual hoy día consiste en inflar y desinflar el avatar. Así, lograr adherencia a través de otros métodos de juego. Finalmente, se recomienda que el almacenamiento de los datos de recompensas, personalización e insignias que se realiza en PlayerPrefs deba ser escalado a MongoDB.

6.1. Evaluación de usabilidad

Al responder este cuestionario acepto participar en el experimento y entiendo que durante el experimento no sufriré ningún daño físico y emocional. Además, manifiesto que tengo claro el objetivo del experimento y claro.

Nota: adaptado del instrumento USE: utilidad, satisfacción, facilidad de uso

1. Respecto a la utilidad de la aplicación. (1- Total desacuerdo; 6 - Total acuerdo)
 - a) Me ayuda a realizar un seguimiento más efectivo a mis pacientes
 - b) Me ayuda a atender un mayor número de pacientes
 - c) Es un instrumento útil para el apoyo a la fisioterapia
 - d) Me permite tener un mayor control de la recuperación de mis pacientes
 - e) Facilita la evolución de los pacientes en los procesos de recuperación
 - f) Me permite ahorrar tiempo en las actividades relacionadas con la fisioterapia de los pacientes
 - g) Ofrece las opciones necesarias y suficientes para un incentivo respiratorio
 - h) Cumple mis expectativas
2. ¿Qué otras opciones sugeriría y que expectativas adicionales tiene respecto a la aplicación?
Escriba su respuesta
3. Respecto a la facilidad de uso de la aplicación. (1- Total desacuerdo; 6 - Total acuerdo)
 - a) Es fácil de usar
 - b) Es simple de utilizar
 - c) Es amigable al usuario
 - d) Requiere el menor número de pasos posible para lograr lo que quiero lograr al usarla
 - e) La puedo utilizar sin instrucciones escritas
 - f) No noto inconsistencias cuando la uso
 - g) Puedo corregir errores fácil y rápidamente

- h)* Puedo usarla exitosamente siempre
- 4. Respecto a la facilidad de aprendizaje para usar la aplicación. (1- Total desacuerdo; 6 - Total acuerdo)
 - a)* La aprendí a usar rápidamente
 - b)* Recuerdo fácilmente cómo utilizarla
- 5. Respecto al nivel de satisfacción al usar la aplicación web. (1- Total desacuerdo; 6 - Total acuerdo)
 - a)* Siento satisfacción
 - b)* La recomendaría a otras personas
 - c)* Siento la necesidad de usarla
 - d)* Es placentero utilizarla
- 6. ¿Qué le cambiaría a la aplicación?

6.2. Evaluación de jugabilidad

Al responder este cuestionario acepto participar en el experimento y entiendo que durante el experimento no sufriré ningún daño físico y emocional. Además, manifiesto que tengo claro el objetivo del experimento.

Nota: adaptado de los instrumentos GEQ - Game Experience Questionnaire y PENS (Player Experience of Need Satisfaction)

1. ¿Qué tan involucrado se sintió con el juego? (1 - nada. 6 - totalmente)
2. ¿Qué tanto recordó que estaba haciendo un ejercicio respiratorio? (1 - nunca. 6 - siempre)
3. ¿Qué tan buen desempeño siente que tuvo en el juego? (1- muy bajo. 6 - excelente)
4. ¿Qué tanta tensión o estrés sintió al jugar el juego? (1 - muy poca. 6 - mucha)
5. ¿Qué tan difícil le pareció el juego?. (1 - muy fácil. Nada retador. 6 - muy difícil y retador)
6. ¿Qué tan claras fueron las instrucciones para jugar el juego? (1 - muy confusas. 6 - muy claras)
7. ¿Qué tanta libertad tuvo para cambiar fondos y formas y personalizar su juego? (1 - ninguna. 6 - mucha)
8. ¿Cómo calificaría su experiencia de juego? (1 - muy negativa. 6 - muy positiva)
9. ¿Qué le cambiaría al juego?

6.3. Indicaciones de las fisioterapias

Inspiración profunda

Flujo: Con el Triflo se movilizan 600, 900 y 1200 cc/seg. Se prescribiría de la misma forma

Se podría evaluar si se puede prescribir flujos mas altos dependiendo del paciente

Duración: Hace referencia al numero total de días realizando la terapia, por ejemplo, una semana, 8 días etc. Es como la duración de la rehabilitación por medio de esta terapia

Frecuencia: hace referencia al número de sesiones al día para realizar el ejercicio indicado y también especificar cuantos días a la semana

Puede tener varias opciones:

- Tres veces al día
- Cada 2 horas
- Cada 4 Horas
- Cada 6 horas
- Cada 8 horas
- 1 vez al día

- Todos los días
- 3 veces semana
- 2 veces semana

Es una terapia que normalmente se prescribe todos los días

Ejemplo: 3 veces al día, todos los días

Repeticiones (el número de veces seguidas que repite el ejercicio hasta realizar el descanso)

- 15 repeticiones
- 10 repeticiones
- 6 repeticiones
- 5 repeticiones

Series: (conjunto de repeticiones previas a cada descanso)

- Dos series
- Tres series
- 6 series
- 5 series

Apnea o pausa inspiratoria (segundos)

- 1 segundo
- 2 segundos

Periodos de descanso: Es el tiempo de reposo entre cada serie. (minutos)

- 1 minuto
- 2 minutos

Indicaciones: Tomar aire lentamente y profundo por la boca, sostenerlo y botarlo por la boca siguiendo las indicaciones del juego

Tiempo o duración de la sesión se puede quitar, las series y repeticiones me van a dar el tiempo.

Inspiración fraccionada en el tiempo.

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.

1. Inspiración nasal suave y corta.
2. post inspiración realizar un periodo de apnea de mínimo dos segundos.
3. Se realizan el número de inspiraciones determinadas.
4. realizar una espiración suave por la boca con labios fruncidos.

Prescripción

Duración: Hace referencia al numero total de días realizando la terapia, por ejemplo, una semana, 8 días etc. Es como la duración de la rehabilitación por medio de esta terapia

Frecuencia: hace referencia al número de sesiones al día para realizar el ejercicio indicado y también especificar cuantos días a la semana

Puede tener varias opciones:

- Tres veces al día
- Cada 2 horas
- Cada 4 Horas
- Cada 6 horas
- Cada 8 horas

1 vez al día

Repeticiones (el número de veces seguidas que repite el ejercicio hasta realizar el descanso)

- 15 repeticiones
- 10 repeticiones
- 6 repeticiones
- 5 repeticiones

Series: (conjunto de repeticiones previas a cada descanso)

- Dos series
- Tres series
- 6 series
- 5 series

Apnea o pausa inspiratoria (segundos)

- 1 segundo
- 2 segundos

Fracción : numero de interrupción de la inspiración con periodos de apneas cortos
periodos de apnea

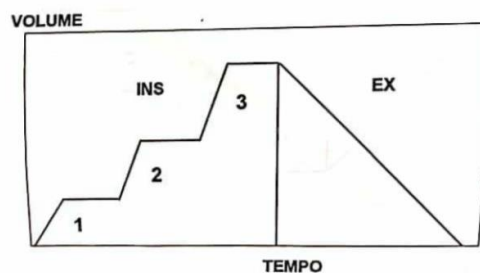
- 2 tiempos
- 3 tiempos
- 4 tiempos

Periodos de descanso: Es el tiempo de reposo entre cada serie. (minutos)

- 1 minuto
- 2

minutos

INSPIRAÇÃO EM 3 TEMPOS



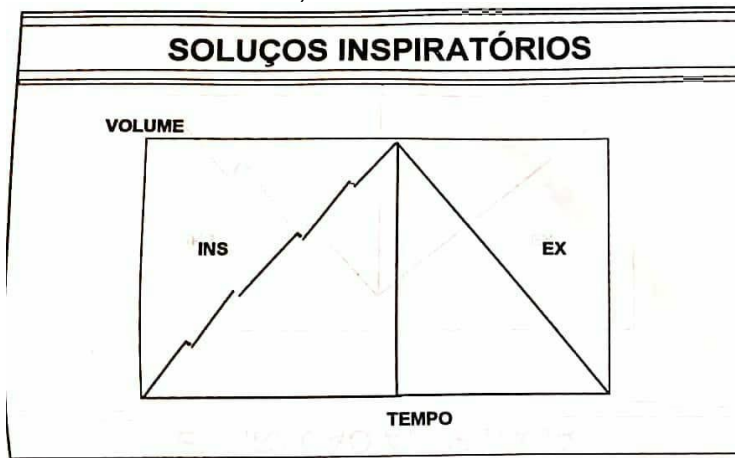


Por definir si vamos a prescribir flujo o volumen, eso se debe definir con la profe Esther, puesto que no hay evidencia con prescripción e flujo o volumen objetivo, se debe discutir en reunión, además depende de la interfase que se va a usar

Suspiros inspiratorios.

Inspiración subdividida en inspiraciones cortas y sucesivas, sin apneas, hasta completarla máxima capacidad inspiratoria.

1. Realizar una inspiración (nasal/ por la boca) enérgica y corta.
2. Sin realizar periodos de apnea, hasta conseguir capacidad máxima inspiratoria.
3. Realizar una espiración lenta y suave por la boca con labios fruncidos (labios en forma de beso o silvar).



Escaneado con CamScanner

Prescripción

Duración: Hace referencia al numero total de días realizando la terapia, por ejemplo, una semana, 8 días etc. Es como la duración de la rehabilitación por medio de esta terapia

Frecuencia: hace referencia al número de sesiones al día para realizar el ejercicio indicado y también especificar cuantos días a la semana

Puede tener varias opciones:

- Tres veces al día
- Cada 2 horas
- Cada 4 Horas
- Cada 6 horas
- Cada 8 horas

1 vez al día

Repeticiones (el número de veces seguidas que repite el ejercicio hasta realizar el descanso)

- 15 repeticiones
- 10 repeticiones
- 6 repeticiones
- 5 repeticiones

Series: (conjunto de repeticiones previas a cada descanso)

- Dos series
- Tres series
- 6 series
- 5 series

Periodos de descanso: Es el tiempo de reposo entre cada serie. (minutos)

- 1 minuto
- 2 minutos

Igualmente por discutir si se va a prescribir flujo o volumen objetivo

Espiración Abreviada.

El objetivo central es optimizar el volumen de reserva espiratorio y la capacidad funcional residual y pulmonar total, promoviendo la distensión alveolar y disminuyendo los infiltrados intersticiales. El paciente realiza ciclos intermitentes de inspiración profunda intercalada con pequeñas espiraciones en relación de 3:1 respectivamente, los ciclos deben conservar siempre en lo posible las mismas características.

1. Fase: Inspiración suave y profunda por la nariz, espirando una pequeña cantidad de aire por la boca con labios fruncidos.

2. Fase: Vuelve a inspirar profundamente a partir del término de la 1ª, espirando nuevamente una pequeña cantidad.

3. Fase: Vuelve a inspirar profundamente a partir del término de la 2ª, espirando completamente.

Prescripción

Duración: Hace referencia al número total de días realizando la terapia, por ejemplo, una semana, 8 días etc. Es como la duración de la rehabilitación por medio de esta terapia

Frecuencia: hace referencia al número de sesiones al día para realizar el ejercicio indicado y también especificar cuantos días a la semana

Puede tener varias opciones:

- Tres veces al día
- Cada 2 horas
- Cada 4 Horas
- Cada 6 horas
- Cada 8 horas

1 vez al día

Repeticiones (el número de veces seguidas que repite el ejercicio hasta realizar el descanso)

- 15 repeticiones
- 10 repeticiones
- 6 repeticiones
- 5 repeticiones

Series: (conjunto de repeticiones previas a cada descanso)

- Dos series
- Tres series
- 6 series
- 5 series

Periodos de descanso: Es el tiempo de reposo entre cada serie. (minutos)

- 1 minuto
- 2 minutos

Fracción: número de espiraciones abreviadas que se van a realizar

- 3 espiraciones
- 4 espiraciones

Por definir si se va a prescribir flujo o volumen

EXPIRAÇÃO ABREVIADA

VOLUME

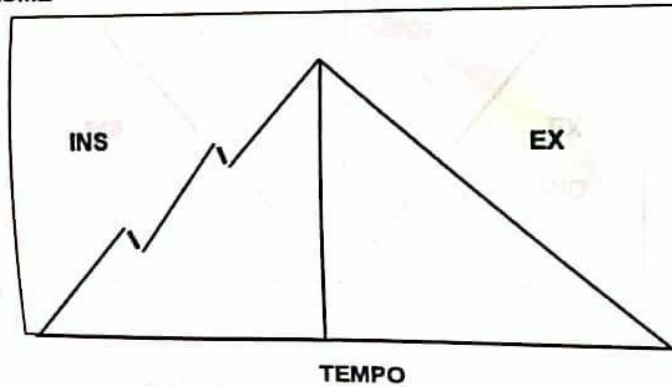


Figura 66

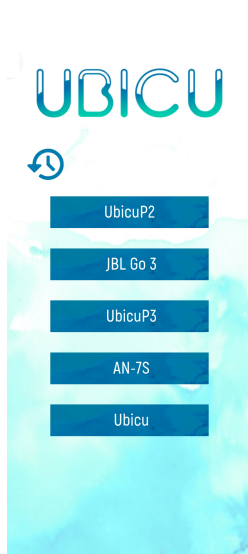
Escaneado con CamScanner

6.4. Manual de Usuario

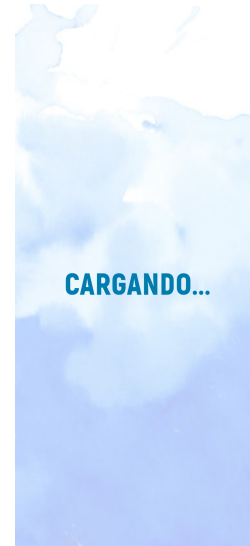
A continuación, se describe la funcionalidad de cada módulo para cada usuario a través de imágenes guía.

6.4.1. Aplicación móvil

1. El paciente realiza el emparejamiento vía bluetooth del dispositivo Ubicu. Una vez realizado, enciende el bluetooth, abre la aplicación y selecciona el Ubicu emparejado para conectarse vía bluetooth.



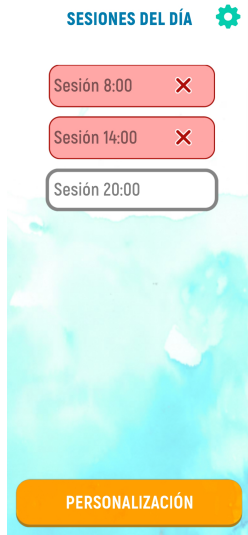
2. Se espera la conexión con el dispositivo.



3. Ingresa número de cédula como su usuario y los últimos 4 dígitos del celular registrado como contraseña.



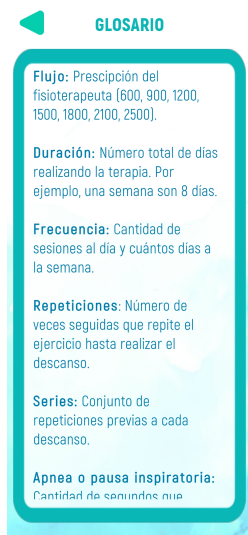
- En la vista principal de la aplicación se muestra el listado de sus fisioterapias del día y selecciona la que se encuentre habilitada.



Naturaleza, Mar y Anatomía. Además, un botón para ver las insignias obtenidas y en la parte superior el total de sus Ubicoins.



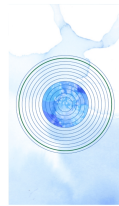
También encuentra un botón de configuración para ver el glosario y las personalizaciones.



Al seleccionar un tema se muestran los fondos y figuras correspondientes. Al dar clic en su imagen podrá encontrar más información.



- En el menú de personalizaciones encuentra los temas: Abstracto (gratis), Astros,



Índigo: El color índigo es una tonalidad poderosa y versátil que puede aportar un toque de elegancia y serenidad a cualquier espacio. Disfruta de este color azulado que te proporcionará un espacio de relajación para llevar a cabo tu proceso de sanación interior.

USAR

las insignias obtenidas y por obtener.

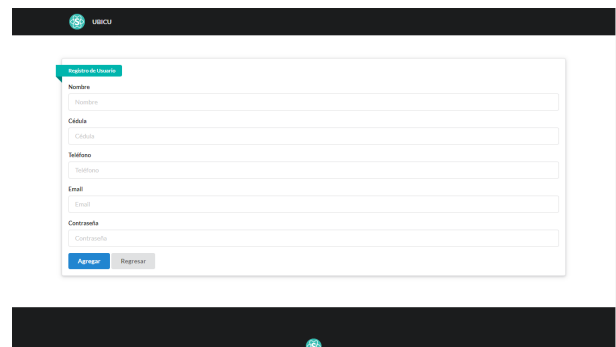


6. Al ingresar a insignias se muestran todas

Nota: El paciente es notificado cada vez que obtiene recompensas por cada serie, sesión, día y semana completada.

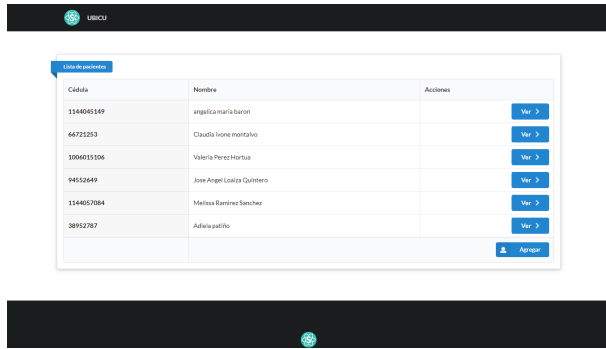
6.4.2. Aplicación web

1. El fisioterapeuta ingresa número de cédula como usuario y contraseña registrada.



Si es usuario nuevo, se registra con el botón "Regístrate".

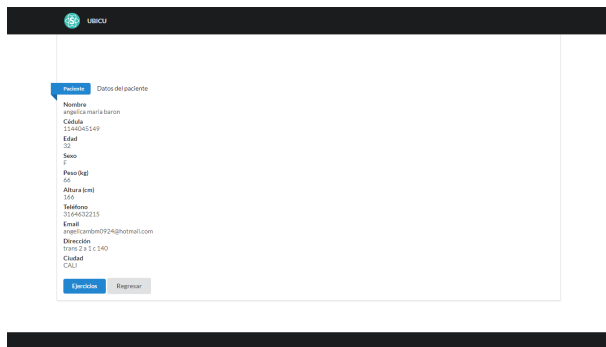
2. En la vista principal de la página se muestra el listado de sus pacientes y la opción de ver sus detalles.



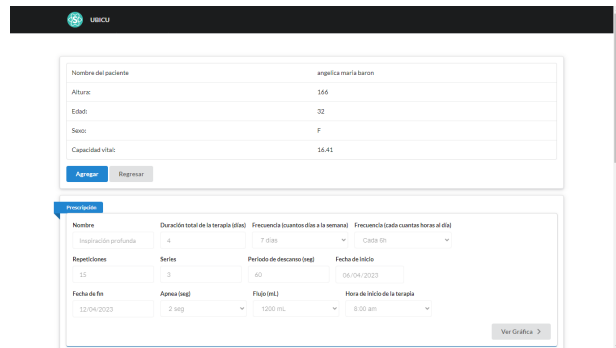
También puede registrar pacientes.



3. Al dar clic en el botón "Ver", se muestra el detalle del paciente y un botón para ver sus ejercicios.



4. Al dar clic en el botón "Ejercicios", se muestra el listado de los ejercicios creados para el paciente. Además, la opción de agregar más ejercicios.



5. Por cada ejercicio puede ver la gráfica de los datos registrados por el paciente de flujo vs tiempo.



Bibliografía

- [1] U. Technologies, Available at <https://unity.com> (2023).
- [2] G. W. Smetana, “Postoperative pulmonary complications: An update on risk assessment and reduction,” *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, vol. 76, no. 4, pp. 60–65, 2009.
- [3] S. S. Oliveira, M. Neto, and R. A. Junior, “Expansion pulmonary therapy in blood oxygenation and lactate serum level in postoperative cardiac surgery,” *International Journal of Cardiovascular Sciences*, vol. 31, no. 1, pp. 63–70, 2018.
- [4] P. Agostini and S. Singh, “Incentive spirometry following thoracic surgery: what should we be doing?” *Physiotherapy*, vol. 95, pp. 76–82, 2009.
- [5] R. T. Zone, Available at <https://www.respiratorytherapyzone.com/lung-expansion-therapy/> (2022).
- [6] M. Pierce, S. Gudowski, K. Roberts, M. Scott, and K. Laudanski, “Establishing a telemedicine respiratory therapy service (ert) in the covid-19 pandemic,” *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, vol. 35, no. 4, pp. 1268–1269, 2021.
- [7] L. Sardi, A. Idri, and J. L. Fernández-Alemán, “A systematic review of gamification in e-health,” *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 71, pp. 31–48, 2017.
- [8] M. Valencia, “Diseño interdisciplinar de un sistema incentivo respiratorio,” Pontificia Universidad Javeriana Cali, Tech. Rep., Septiembre 2021.
- [9] D. C. Muñoz, “Software integrado a un dispositivo para expansión pulmonar en pacientes con covid-19,” Cali VAC, 2021.
- [10] T. Obando and J. C. Vanegas, “Implementación de prototipo funcional para videojuego que favorece la recuperación de pacientes con secuelas pulmonares por covid 19,” Cali VAC, 2021.
- [11] S. J. Achenbach, “Telemedicine: Benefifits, challenges, and its great potential,” *Health Law and Policy Brief*, vol. 14, no. 1, 2020.
- [12] R. Gordillo, P. Gonzalez, V. del Barrio, and R. Ramos, “Uso de la teleterapia para el tratamiento de los trastornos de ansiedad, toc y tept, durante la pandemia por covid-19 en españa,” *Ansiedad y Estrés*, vol. 28, no. 2, pp. 108–114, 2022.
- [13] M. S. Martín and Y. Gutiérrez, “Teleterapia fonoaudiológica en contexto educativo chileno durante la pandemia por covid-19,” *Calidad en la educación*, vol. 55, pp. 275–296, 2021.

-
- [14] R. D. R. M. R. FARRC, R. W. M. RRT, L. W. M. RRT, and M. T. R.-N. RPFT, “Aarc clinical practice guideline: Incentive spirometry: 2011,” *Respiratory Care*, vol. 56, no. 10, pp. 1600–1604, 2011.
- [15] A. L. Association, “Breathing exercises,” Available at <https://www.lung.org/lung-health-diseases/wellness/breathing-exercises> (2023).
- [16] J. Hamari, J. Koivisto, and H. Sarsa, “Does gamification work? - a literature review of empirical studies on gamification,” in *47th Hawaii International Conference on System Science*, January 2014.
- [17] F. de Vette, M. Tabak, and M. Vollenbroek-Hutten, “Increasing motivation in ehealth through gamification,” in *Fifth Dutch Conference on Bio-Medical*, January 2015.
- [18] P. F. S. Chacon, C. F. Schon, V. H. L. A. Furtado, G. L. A. M. Signoretti, J. P. P. Oliveira, A. G. Ribeiro, C. D. V. Wanderley, A. A. R. Diniz, and H. B. Soares, “Support and rehabilitation of patients with pulmonary expansion deficit by using game therapy,” in *38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, August 2016.
- [19] J. Nielsen, “Ten usability heuristics,” Available at <https://pdfs.semanticscholar.org/5f03/b251093aee730ab9772db2e1a8a7eb8522cb.pdf> (2005).
- [20] U. Technologies, “Scriptable render pipeline,” Available at <https://docs.unity3d.com/Manual/ScriptableRenderPipeline.html> (2023/02/24).
- [21] Babylon.js, Available at <https://www.babylonjs.com/> (2023).
- [22] U. Technologies, “Playerprefs,” Available at <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/PlayerPrefs.html> (2023/03/03).
- [23] React, “React, the library for web and native user interfaces,” Available at <https://react.dev/> (2023).
- [24] MongoDB, “Mongodb, the developer data platform,” Available at <https://www.mongodb.com> (2023).
- [25] Amazon, “Amazon web service,” Available at <https://aws.amazon.com/es> (2023).
- [26] —, “Amazon lightsail,” Available at <https://aws.amazon.com/es/free/compute/lightsail/> (2023).