



MOVE ON

Interactive Rehabilitation

*Intervención en la experiencia
de rehabilitación física en
lesiones deportivas de rodilla.*

Ricardo Andrés Martínez - Sergio Andrés Muñoz Cifuentes

Tutor: Felipe Vergara
Proyecto de grado II
Diciembre 2017

CONTENIDO

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	4	10.2 Propuesta #2	26
2. Pregunta de investigación	5	10.3 Propuesta #3	26
3. Objetivo.	5	11. Propuesta final	27
3.1 Objetivo General	5	11.1 Tipo de ejercicios y fase de recuperación.	28
3.2 Objetivos Específicos.	5	11.2 Propuesta de hardware.	29
4. Justificación.	6	11.3 Sensores.	29
5. Hipótesis.	7	11.4 Propuesta de software.	29
		11.5 Secuencia de uso	29
MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.	7	12. Pruebas de usuario.	31
6. Marco de referencia	7	12.1 Objetivo	31
7. Estado del Arte.	12	12.2 Ejercicios implementados.	31
7.1 RespondWell.	12	12.3 Juego implementado.	31
7.2 Riablo.	12	12.4 Metodología.	31
7.3 VRPhysio.	14	12.5 NASA Task Load Index	32
7.4 KineAssist.	14	12.6 Retroalimentación cualitativa.	33
7.5 HUNOVA.	15	13. Ajustes propuesta final	34
		14. Conclusión Investigación	35
8. TRABAJO DE CAMPO	17		
8.1 Objetivo	17	15. PROTOTIPO	35
8.2 Metodología	17	15.1 Factores de Innovación	36
8.3 Primer Trabajo de Campo.	17	16. Alcance del proyecto	36
8.4 Segundo Trabajo de Campo.	18	16.1 Software	37
8.5 Tercer Trabajo de Campo.	19	16.2 Hardware	37
8.6 Resultados	20	16.3 Servicios	38
8.6.1 Entrevista con expertos	20	17. Viabilidad Técnica	38
8.6.2 Encuesta a deportistas con lesión de rodilla.	22	17.1 Proceso de producción	39
8.6.3 Agenda virtual	23	17.2 Tiempos de ejecución	46
9. Determinantes	24	17.3 Equipo de trabajo	47
		18. Viabilidad Económica	48
PROCESO DE DISEÑO	26	18.1 Presupuesto real	49
10 Propuestas	26	18.2 Presupuesto prototipo	50
10.1 Propuesta #1	26	18.3 Modelo Canvas	51

CONTENIDO

18.4 Estrategia de Mercado	52
19. Pruebas de usuario	52
19.1 Diseño de pruebas	52
19.2 Primera etapa de pruebas	54
19.3 Resultados uno	56
19.4 Segunda etapa de pruebas	57
19.5 Resultados dos	58
20. Conclusiones	58
21. A Futuro	59
22. Bibliografía	60

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1

El deporte es un área fundamental para la vida de muchas personas, sea de manera competitiva o porque quieren llevar una vida saludable. Sin embargo, por más potencial y excelentes atletas que sean, muchos de ellos sufren lesiones. Daniel Wappenstein, Presidente de la Federación Ecuatoriana de Fisioterapia afirma que:

“Las estadísticas consideran que entre el 87 y 90% de los deportistas amateurs o profesionales han tenido en algún momento lesiones durante su práctica deportiva”.

Según un estudio epidemiológico de lesiones deportivas por la Universidad de León, el rango de edad con mayor incidencia en lesiones deportivas son los jóvenes entre los 15 y 25 años. Adicionalmente, cabe destacar que la mayoría de lesiones musculares se dan en miembros inferiores, siendo la rodilla una de las articulaciones más afectadas. (Moreno Pascual, 2010).

Dependiendo del grado de la lesión y de su respectivo diagnóstico, la mayoría de estas lesiones traumáticas se tratan por medio de la fisioterapia, cuyo objetivo principal es restablecer la anatomía y fisiología del cuerpo humano, para reincorporar al atleta a su actividad lo más rápido posible. (Bahr Maehlum, 2010).

El éxito en Fisioterapia depende en gran medida de la adherencia del paciente al tratamiento, la constancia del paciente y su esfuerzo (Ferro García, 2015). Sin embargo, según los datos de los estudios epidemiológicos publicados por “Journal of Sports (2015)” de México indican que, tanto en este país como por fuera del mismo, los pacientes incumplen las prescripciones alrededor del 50% de las veces en tratamientos Fisioterapéuticos.

Lo cual indica que la mitad de estos pacientes tienen altas probabilidades de no mejorar sus condiciones físicas, significando esto que volverán de nuevo a las consultas, y por consiguiente aumentarán las demandas de las mismas, impidiendo a los profesionales trabajar en unas condiciones más óptimas.

La falta de adherencia en la fisioterapia indica que hay problemas con la implicación activa y voluntaria del paciente durante su rehabilitación para lograr un resultado terapéutico deseado. Hay diferentes factores que intervienen en la adherencia fisioterapéutica, factores relacionados con el paciente, la condición de la enfermedad, con el sistema de salud y la atención, factores socioeconómicos y factores relacionados con el tratamiento. (Lina Maria Tapias 2014).

Los factores de enfoque a investigar son los relacionados con el tratamiento: la duración del tratamiento, la falta de comprensión de los ejercicios, cambios frecuentes de tratamiento, inminencia

de efectos beneficiosos, ejercicios y rutinas monótonas y falta de conocimiento del proceso de recuperación; los cuales causan que los pacientes pierdan la motivación y constancia en sus sesiones de fisioterapia (Lina Tapias, 2014). Muchos de estos factores ocurren porque no se da un correcto acompañamiento de un profesional con los pacientes que los guíen en el proceso, que les indiquen cómo hacer correctamente los ejercicios, por cuánto tiempo, etc, "En fisioterapia muchos de los pacientes no logran recuperarse y a veces empeoran la lesión porque no tienen un seguimiento de un profesional a la hora de ejecutar los ejercicios". (Diana Patricia Castro, Fisioterapeuta, 2017).

Sin una adherencia adecuada a los tratamientos fisioterapéuticos por parte del paciente, difícilmente él podrá sanar y continuar con su práctica deportiva. En cambio, sí tendrá una alta posibilidad de recaer de nuevo en la lesión o terminar con secuelas; lo cual generará que el deportista no tenga el mejor rendimiento en la actividad deportiva a la que se dedica.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

2

¿De qué manera a partir de los medios interactivos, se puede intervenir en la experiencia de tratamientos fisioterapéuticos en deportistas entre los 18 y los 25 años de edad con lesiones en rodilla, con el fin de aumentar la adherencia al

tratamiento fisioterapéutico?

OBJETIVO

3

OBJETIVO GENERAL

3.1

Diseñar una herramienta interactiva que permita la intervención en la experiencia de tratamientos fisioterapéuticos en deportistas entre los 15 y los 25 años de edad con lesiones en rodilla, de tal manera que se potencie positivamente la adherencia al tratamiento fisioterapéutico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.2

Identificar cuáles son los factores que producen la falta de adherencia a los tratamientos fisioterapéuticos en los deportistas.

Identificar cuáles son los tipos de lesiones deportivas en rodilla más comunes y analizar cuáles son los ejercicios y rutinas de rehabilitación y fortalecimiento correctos para esta articulación.

Comprender el desarrollo de la adherencia al tratamiento fisioterapéutico en deportistas con

lesiones en rodilla antes y después de implementar la herramienta interactiva.

Identificar tratamientos fisioterapéuticos existentes apoyados por la tecnología que brinde una experiencia distinta a los tratamientos tradicionales.

Definir las características y funciones de la herramienta interactiva en relación con los tratamientos fisioterapéuticos.

Implementar un prototipo funcional que proponga dinámicas de rehabilitación entretenidas con el fin de aumentar la adherencia al tratamiento.

Evaluar y analizar , el correcto funcionamiento del prototipo.

Constatar que el prototipo sirve como herramienta de acompañamiento durante el proceso fisioterapéutico.

Recolectar información del proceso de rehabilitación del paciente, para que tanto este como el médico conozcan cómo va el tratamiento.

JUSTIFICACIÓN 4

La rehabilitación deportiva, constituye un grupo de herramientas terapéuticas, cuyo objetivo principal es restablecer la anatomía y fisiología

del cuerpo humano, para reincorporar al atleta a su actividad lo más rápido posible (Bahr Maehlum, 2010). Sin embargo, por la falta de adherencia a los tratamientos fisioterapéuticos, muchas de los pacientes pierden la constancia del proceso, pierden la motivación al no ver una recuperación rápida, no entienden su proceso de recuperación y finalmente no mejoran y vuelven de nuevo a las consultas (Journal of Sports, 2015).

Este proyecto tiene como objetivo intervenir por medio de una herramienta interactiva en la experiencia de tratamientos fisioterapéuticos, teniendo en cuenta los factores relacionados con el tratamiento (duración del tratamiento, fracasos previos, cambios frecuentes de tratamiento, desarrollo de los ejercicios, rutinas repetitivas, ejercicios monótonos) los cuales son unas de las causas de la falta de adherencia fisioterapéutica del paciente.

Se tiene planeado enfocarse en los jóvenes entre los 15 y los 25 años para la realización del proyecto ya que este es el rango de edad donde se presenta una mayor incidencia de lesiones por la práctica de ejercicio, es decir, la segunda y tercera década de la vida. (Moreno Pascual, 2010).

Adicionalmente, la intervención al tratamiento va enfocado a pacientes con lesiones en rodilla ya que es una de las articulaciones que presenta lesiones con mayor frecuencia.

Como diseñadores de medios interactivos buscamos analizar la vivencia de los deportistas mientras realizan su rehabilitación física e investigar qué factores impiden su constancia al tratamiento. De esta manera proponer una experiencia interactiva con el fin de incrementar los niveles de adherencia al tratamiento fisioterapéutico.

HIPÓTESIS

5

La herramienta interactiva aumentará un 40% la adherencia al tratamiento fisioterapéutico en deportistas entre los 18 y 25 años de edad con lesiones en rodilla dentro del centro de rehabilitación, mediante una experiencia totalmente distinta al tratamiento tradicional, brindando una motivación y una retroalimentación del proceso.

MARCO DE REFERENCIA

6

1. Categorías Conceptuales
2. Lesiones deportivas.
3. Lesiones de rodilla.
4. Fisioterapia Deportiva.

5. Factores que intervienen en la adherencia al tratamiento.

5.1 Psicológicos.

5.2 Servicio.

5.3 SocioEconómicos.

5.4 Condición de la enfermedad.

6. Ejercicios de Propiocepción.

7. Instalaciones Interactivas.

8. Intervención de la tecnología en la rehabilitación física.

9. Rehabilitación por medio del juego funcional.

10. Retroalimentación del proceso de recuperación.

Los deportistas están conscientes de que las **lesiones deportivas** son un hecho y es muy probable de que ocurran durante su práctica, Los practicantes de las diversas modalidades del deporte han sufrido lesiones de diferentes tipos y de nivel de gravedad (Berengüí, Ortín, Garcés, Hidalgo, 2017). Las lesiones deportivas ocurren durante la realización de ejercicios, pueden ocurrir de manera accidental o por causa de un mal entrenamiento, uso inadecuado de equipo o no hacer un buen calentamiento

antes de iniciar la práctica (Instituto Nacional de Artritis y enfermedades Musculoesqueléticas y de la Piel, 2014). Hay que entender que la mayoría de estas lesiones se dan por la conducta inadecuada de deportistas principiantes al no tener claro las consecuencias que podrían traer estas (Rubio, Pujals, Vega, Aguado, Hernández, 2014).

Entre las lesiones más comunes encontramos las **lesiones de rodilla**, ya que esta es una articulación que cumple con la función de dar estabilidad al cuerpo, a su vez flexionar y girar las piernas, y consta de varias partes como huesos, cartilago, músculos, ligamentos y tendones, por lo tanto cuando se habla de lesiones de rodilla puede estar dañada cualquiera de estas partes. Entre las lesiones de rodilla encontramos, esguinces de rodilla, tendinitis, fracturas y dislocaciones, lesiones de cartilago, entre muchas otras (Diana Patricia Castaño, Fisioterapeuta, comunicación persona, 10 de febrero de 2017). Una investigación realizada por la universidad de Antioquia, Medellín, demostró que el 50% de los jugadores de un equipo de fútbol se lesionaron durante una temporada y el sitio anatómico más afectado fue la rodilla, con lesiones ligamentosas y musculares. (Márquez, Suárez, Quiceno, 2015).

¿Pero cómo se tratan las lesiones en los deportistas en caso de que se produzca una? A través de la **fisioterapia deportiva** que es una especialización de la fisioterapia, dirigida para todas las

personas que realizan una actividad deportiva de forma regular, con el objetivo principal de restablecer la anatomía y fisiología del cuerpo humano, para reincorporar al atleta a su actividad lo más rápido posible (Bahr Maehlum, 2010). Entre los objetivos particulares de la fisioterapia encontramos en primer lugar la **prevención** que busca mejorar las condiciones musculares del deportista, evitando el sobreesfuerzo a través de masajes deportivos que ayuden a relajar los músculos y estando alerta para evitar todos esos factores que ayudan a la aparición de lesiones. En segundo lugar está la **rehabilitación** la cual busca a través de los tratamientos recuperar la movilidad y el correcto funcionamiento de la parte lesionada con el fin de poder reincorporar al deportista a su actividad deportiva. Y por último busca una **readaptación** del deportista a su actividad, es decir, lograr que el deportista comience su práctica deportiva en las condiciones físicas más adecuadas de tal manera de que recupere su condición física lo más similar posible a la que tenía antes de sufrir la lesión. (Carlos Andrés Quiroga, Escuela Nacional del Deporte, comunicación persona, 14 de febrero de 2017).

El éxito en Fisioterapia depende en gran medida de la **adherencia del paciente al tratamiento**, la constancia del paciente y su esfuerzo (Ferro García, 2015). Lina María Tapias U. define “La adherencia fisioterapéutica como la implicación activa y voluntaria del paciente durante su rehabilitación para lograr un resultado terapéutico

deseado" (2014; pág.1). Esto quiere decir que si el paciente se compromete con el tratamiento, en el caso de los deportistas, asistiendo a las sesiones, descansando los tiempos adecuados y no sobre esforzando la parte anatómica lesionada, el paciente se podrá recuperar mucho más rápido. Sin embargo, según los datos de los estudios epidemiológicos publicados por "Journal of Sports (2015)" de México indican que, tanto en este país como por fuera del mismo, los pacientes incumplen las prescripciones alrededor del 50% de las veces en tratamientos Fisioterapéuticos. Lo cual indica que la mitad de estos pacientes tienen altas probabilidades de no mejorar sus condiciones físicas.

Este incumplimiento de las prescripciones ocurren por muchos **factores que intervienen en la adherencia al tratamiento**, como lo es el servicio que prestan algunos institutos de salud, los múltiples tratamientos simultáneos que el fisioterapeuta tiene que atender dificulta un buen seguimiento a cada paciente, le queda complicado explicarle detalladamente la ejecución de los ejercicios y finalmente no logra darle una correcta retroalimentación al paciente del proceso de recuperación.

Además encontramos otros tipos de factores que afectan la adherencia al tratamiento, como lo son los factores **socioeconómicos**. En el artículo de Lina María Tapias menciona que más del 50% de la población con problemas de discapacidad que asisten a tratamientos tienen

dificultades para acceder a los servicios de rehabilitación por la poca disponibilidad de estos y la falta de dinero para sostener el tratamiento (Tapias, 2014, pág 3). Muchas veces este tipo de problemas radica en que los pacientes alargan el tratamiento por la misma falta de dinero, teniendo recaídas y reingresos hospitalarios que afectan aún más el bolsillo del paciente.

Factores Relacionados con la **condición de la enfermedad**: que tan evolucionada está la enfermedad, los síntomas que se presentan en ella, la velocidad con la que progresa son aspectos que afectan la adherencia haciéndola más lenta (Tapias, 2014, pág 6). Un estudio demostró que los deportistas que se lesionaban por primera vez tienen menos adherencia de los que ya habían reportado más de 3 lesiones (Tapias, 2014, pág 6). Esto puede suponer que los síntomas que presentaban los que se lesionaron por primera vez eran diferentes a los que ya se habían lesionado, y así prestando menos atención a su lesión y por ende obteniendo una mala adherencia al tratamiento. Es indispensable que se construya una fuerte relación profesional - paciente, en donde el profesional pueda llevar un seguimiento del proceso de rehabilitación y que el paciente no se sienta de alguna manera solo sin ninguna compañía que lo guíe. Sin una buena retroalimentación del proceso, y sin un buen método que motive al paciente, la adherencia al tratamiento será por consiguiente negativa. Por ende se propone potenciar positivamente esta relación por medio de la tecnología

como mediador entre ambos sujetos, que pueda ser ese complemento faltante durante el tratamiento. Las tecnologías hoy en día son atractivas y utilizadas por casi todos las personas, entonces porque no aprovecharlas para mejorar la adherencia al tratamiento aumentando la motivación del paciente.

La **propiocepción** como elemento clave para la recuperación de la articulación. Según un estudio de la universidad politécnica de Madrid "Estudio de esguince grado II de ligamento lateral"(2013)" La propiocepción se podría definir como la capacidad que tiene el organismo de reconocer cuales la posición y cuáles son los movimientos de sus propias estructuras, siendo estas principalmente las que componen el aparato músculo esquelético. El sistema propioceptivo se encarga de enviar la información aferente sobre los reflejos medulares y sobre el estado en el que se encuentra una articulación, tanto en su posición como qué tipo de movimiento está realizando.

En estos aspectos va dirigida la intervención con el fin de que el paciente logre los movimientos naturales de la articulación (estabilidad, equilibrio, marcha, trote, saltos etc..) y pueda incorporarse de nuevo a la actividad física o a su rutina cotidiana.

Intervención de la tecnología en la rehabilitación física.

Tradicionalmente la terapia física y evaluación, se basa en los juicios y observaciones hechas por el fisioterapeuta. Todas las rutinas de rehabilitación comienzan con una evaluación cinética del paciente con el fin de localizar los músculos o zonas afectadas. Basado en la evaluación se planea una rutina de rehabilitación seleccionando los ejercicios más apropiados para la recuperación del paciente. Sin embargo, este proceso puede ser muy impreciso por diferentes razones como la subjetividad de las aseveraciones del fisioterapeuta además de que los resultados y los entrenamientos pueden variar mucho a partir de la evaluación inicial del paciente (Param Uttarwar, 2015: 387). A partir de la anterior afirmación se puede concluir que hay problemas de precisión en el proceso de evaluación del paciente por parte del fisioterapeuta, esta etapa es crucial para el resto del tratamiento ya que a partir de este se determinan las rutinas y ejercicios, por lo tanto es necesario intervenir con herramientas que ofrecen una mejor precisión. Según (Naimul Mefraz Khan, 2014: 237), el requerimiento de la presencia física del paciente en el centro de rehabilitación es un obstáculo. El fisioterapeuta no puede atender múltiples terapias al mismo tiempo, además y la retroalimentación hacia al paciente solo puede ser cualitativa. Por lo tanto se crea la necesidad de métodos automatizados que puedan proveer al paciente un servicio más preciso y el completo. Uno de estos métodos según (Param Uttarwar, 2015: 388) es el sistema de captura de movimientos el cual puede validar el esqueleto humano con una

alta exactitud y precisión y provee un análisis de datos para realizar una mejor evaluación al paciente.

Las **instalaciones interactivas** son la relación que puede haber entre una persona, el espacio que contiene la instalación, las imágenes en movimiento, el entorno sonoro los dispositivos que permiten la comunicación entre la instalación y el o los usuarios. La relación que hay entre el participante y la instalación requiere de un compromiso visual, intelectual y físico. La base de cualquier instalación radica en que sea capaz de modificarse por la presencia, movimiento o acción de un usuario (Rodrigo Alonzo, 2015). A través de los medios interactivos sea instalación o aplicación se quiere llegar a mejorar la experiencia de usuario en los tratamientos fisioterapéuticos de tal manera que se sientan cómodos, interesados por el proceso de recuperación, conscientes de las mejoras que les puede significar y así aumentar significativamente la adherencia al tratamiento fisioterapéutico.

Rehabilitación basado en el juego funcional.

El juego funcional es considerado como un juego que se produce con un propósito especial (educación, entrenamiento, readaptación, sensibilización etc..) con el fin de proporcionar un elemento de diversión (Hyuncheol Kim, 2014 :2). La mayoría de los juegos funcionales se usan con fines educativos, pero se desarrollan para el ejer-

cicio o tratamiento de rehabilitación de igual manera. En este caso, la posibilidad de realizar la rehabilitación por medio de juegos funcionales capta el interés del paciente con el propósito de generar diversión y motivar a participar en el tratamiento de una forma más activa. (Hyuncheol Kim, 2014 :2).

Cuando se interviene en la rehabilitación por medio del juego independientemente del hardware que lo soporte, se está realizando un cambio en el ambiente del paciente, la percepción de la recuperación pasa a un segundo plano mientras que el paciente se involucra directamente con el juego. Como nos cuenta Si-Huei Lee(2012) Cuando los ejercicios de la rehabilitación son modificados para incluir la interactividad y el entretenimiento, los pacientes ponen atención a los juegos e ignoran las repeticiones tediosas del tratamiento y el dolor que les genera.

Retroalimentación del proceso.

La falta de comprensión del proceso de recuperación es uno de los factores relacionados con el tratamiento que ocasionan falta de adherencia (Ferro García, 2015), este factor es uno de los componentes de interés de las instalaciones interactivas que intervienen en este campo. Según Si-Huei Lee (2012) la cuantificación del progreso motiva a los pacientes a mejorar su rendimiento ayudándoles a entender que tanto trabajo han realizado y los objetivos que han cumplido.

Adicionalmente, permite que los pacientes estén activamente involucrados en la auto-medición del proceso y puedan entender las condiciones del cuerpo claramente.

En algunos proyectos como RespondWell provee un profundo análisis de resultados los cuales son enviados inmediatamente al doctor para que puedan ser evaluados, de esta manera la retroalimentación es más valiosa y directa, además de que el sistema ofrece los resultados del proceso, los pacientes disponen de la evaluación y el control por parte del médico.

ESTADO DEL ARTE

7

RESPONDWELL

7.1

Zimmer Biomet

Estados Unidos

2015

Objetivo.

Software de rehabilitación física para el hogar (TeleRehabilitación).

Descripción.

Las rutinas de rehabilitación se entregan a los pacientes a través de un dispositivo de pantalla táctil y que están diseñados para animarles a seguir con los ejercicios prescritos. El plaform mejora la experiencia de rehabilitación de los pacientes y la adhesión usando entretenimiento, recompensas y desafíos.

Características técnicas.

El software requiere de un adaptador kinet para el tratamiento por medio de juegos

Aporte.

El concepto de TeleRehabilitación es muy interesante ya que permite ahorrar tiempo en los tratamiento. La empresa hace énfasis en los altos costos de las sesiones fisioterapéuticas y la falta de motivación de los pacientes al no ver un proceso de recuperación, por lo tanto prestan el servicio de terapias interactivas en el hogar y también ofrecen un sistema de seguimiento por parte del doctor para que examine la recuperación del paciente.

RIABLO

7.2

Corehab

Italia

2014

Objetivo.

Herramienta de rehabilitación que ofrece ejercicios funcionales y pruebas para pacientes ortopédicos y atletas que se recuperan de lesiones deportivas.

Descripción.

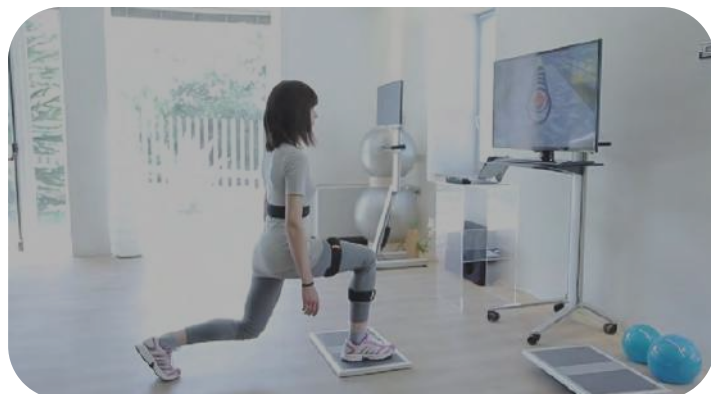
El sistema de rehabilitación basado en el juego ofrece ejercicios terapéuticos de acoplamiento, estimula el sistema propioceptivo, y utiliza la retroalimentación de audio y visual para motivar a los pacientes a seguir con su entrenamiento neuromuscular. Riablo utiliza sensores inerciales para medir con precisión los movimientos del cuerpo y el seguimiento del rendimiento de los pacientes en tiempo real. Una aplicación web permite a los médicos crear planes de ejercicio y controlar los informes generados por el software una vez que el paciente ha completado los ejercicios.

Características Técnicas.

La empresa ofrece sensores inerciales para validar los movimientos del paciente y cuenta con un software especial para mostrar los juegos y datos del paciente. Cuenta con el servicio de seguimiento por parte del médico.

Aporte.

Principalmente lo más valioso que tiene este sistema, son los sensores que utilizan los cuales garantizan una precisión de datos y de esta forma se puede validar con mayor precisión la forma en que el paciente realiza el ejercicio.



VRPHYSIO 7.3

VRPhysioTM

Estados unidos

2015

Objetivo.

Sistema de rehabilitación física del cuello y espalda cervical. Descripción. Mediante uso de realidad virtual, esta compañía ofrece un programa de recuperación interactivo basado en juegos para personas con lesiones en el cuello y espalda. Adicionalmente ofrecen un potente sistema de análisis de datos para mostrar el proceso de recuperación.

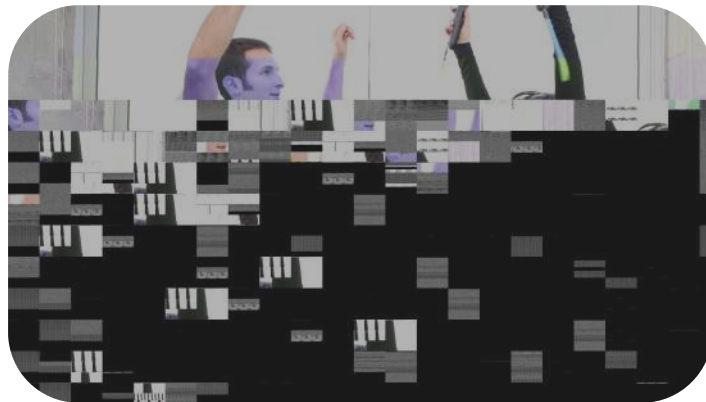
Características técnicas.

La empresa solo provee el software que consta de juegos en realidad aumentada. Se requiere un casco o gafas de realidad aumentada, un smartphone y sensores de distancia para el completo funcionamiento del sistema.

Aporte.

Es muy llamativo el análisis de datos que ellos emplean. Además de ofrecer los juegos, prestan el servicio de seguimiento en línea mediante una

plataforma web. Todos los datos de recuperación se almacenan en la plataforma y el médico puede hacerle un seguimiento al paciente a distancia.



KINEASSIST 7.4

HDT GLOBAL

Estados Unidos

2012

Descripción.

El sistema ofrece mayor seguridad y confianza para los pacientes vuelvan a caminar de nuevo, ofrece una plataforma en movimiento donde el paciente debe caminar mientras es sostenido por un arnés programado para no dejar caer al

paciente. Todo el sistema está integrado con sensores para validar los movimientos del paciente, de igual modo se adecua la etapa de recuperación del paciente y según esto varía su nivel de dificultad.

Metodología

A lo largo de los años, los investigadores han aprendido que las actividades basadas en desafíos que permiten a las personas cometer errores y aprender de ellos pueden ayudar a esas personas a alcanzar metas más altas en menos tiempo.

El CineAssist-MX TM es una plataforma que permite a una persona experimentar la capacidad de caminar y balancearse, para cometer errores críticos que resultan en una comprensión más profunda de cómo moverse mejor dentro de un ambiente de aprendizaje completamente seguro y controlado.

Características técnicas.

- Máquina de caminata (Cinta de correr)
- Arnés interactivo para sostener a las personas
- Monitor
- Sensores

Aporte.

El aspecto metodológico aporta mucho al proyecto, el hecho de proponer retos para que las perso-

nas cometan errores y puedan aprender a partir de ellos es una dinámica y según su documentación, de esta forma los pacientes tienden a recuperarse en menos tiempo.

También aporta mucho la forma en que el sistema se adapta a la condición de cada paciente, hace un proceso de evaluación y a partir de los resultados se ajusta su nivel de dificultad.



HUNOVA

7.5

Objetivo.

Servicio de rehabilitación física de tobillo, rodilla, cadera y espalda por medio de un dispositivo robótico. Sus ejercicios son dinámicos e interactivos y provee datos el proceso de recuperación del paciente.

Descripción.

Hunova es un dispositivo médico fácil de usar e intuitivo desarrollado para llevar la rehabilitación robótica a la práctica diaria del clínico. Está diseñado para proporcionar una rehabilitación precisa y repetible junto con la medición objetiva de los miembros inferiores, los troncos y el sistema vestibular. Hunova es una poderosa herramienta que en las manos del Clínico combina perfectamente dos componentes principales: Rehabilitación y Evaluación que interactúan continuamente entre sí.

Características técnicas.

Cuenta con un diseño hardware único para medir los movimientos del paciente y la efectividad del ejercicio a realizar. Adicionalmente cuenta con un monitor que indica toda la infor-

mación relacionada con la sesión de recuperación: instrucciones, explicación de los ejercicios, proceso de recuperación etc). No solo informa que ejercicio hacer, por medio de su interfaz gráfica propone dinámicas como juegos o retos para hacer la experiencias más entretenida.

Aporte.

Aporta el concepto de tener un hardware o estructura que sirva como objeto de recuperación para paciente y que permita medir y validar los movimientos cuando se realiza un ejercicio. También aporta el aspecto de software, el cual usa una interfaz gráfica para proveer información del tratamiento, su propuestas mediante juegos y retos y la retroalimentación sobre el proceso de recuperación del paciente.



TRABAJO DE CAMPO

8

OBJETIVO

8.1

Con el trabajo de campo este proyecto busca entender con profundidad cuáles son los factores que mayor influyen en la falta de adherencia al tratamiento en los pacientes, se busca contrastar las afirmaciones de los expertos en recuperación deportiva con las afirmaciones de las personas que han asistido a terapias por lesiones de rodilla. Adicionalmente, se tiene el objetivo de hacer un estudio de las lesiones que se producen con mayor frecuencia al realizar alguna práctica deportiva, cuales son los ejercicios para cada una de las lesiones y cuanto es el tiempo de recuperación estimado, con el fin de tener entendimiento de los procesos de recuperación y poder construirnos una idea de cómo intervenir desde los medios interactivos en este campo de la rehabilitación física.

METODOLOGÍA

8.2

Este trabajo de campo se compone por tres partes esenciales:

PRIMER TRABAJO DE CAMPO

8.3

Objetivos:

Consulta con expertos, acerca de lesiones recurrentes en la rodilla y sus tratamientos.

Herramientas:

Entrevista.

Muestra / Población:

- Diana Patricia Castro, experta en fisioterapia.
- Gloria Dcroz, experta en fisioterapia.
- Adriana, Fisioterapia deportiva.
- Jorge Serna, experto en fisioterapia deportiva de la Universidad del Valle.

Actividad:

Con todos los expertos en fisioterapia se realizaron entrevistas presenciales dirigiéndonos a los sitios de trabajo de cada uno, la totalidad de las entrevistas quedaron registradas en grabaciones de voz y posteriormente se desarrolló un informe más estructurado de cada entrevista.

Descripción:

En las entrevistas se busca saber los factores que afectan en mayor medida la adherencia al

tratamiento en sus pacientes y las técnicas que se implementan para controlar los factores. Adicionalmente se requiere saber el tipo de lesión más frecuente por las prácticas deportivas, cuales son los ejercicios más adecuados para tratar la lesión, las recomendaciones para tratar la lesión por fuera del centro de rehabilitación y técnicas de prevención. También se requiere saber si están en constante actualización de sus tratamientos, si están utilizando equipos medicinales nuevos o alguna tecnología para la recuperación del paciente.

Variables:

Las variables que se indagaron con las entrevistas son las siguientes:

- Tipo de deportista que ha atendido (Amateur o Profesional).
- Lesión de rodilla más frecuente de sus pacientes.
- Ejercicios comunes para el tratamiento de lesiones deportivas.
- Herramientas que utiliza para medir el proceso de recuperación de los pacientes.
- Técnicas de motivación que emplea.

SEGUNDO TRABAJO DE CAMPO

8.4

Objetivos:

Conocer la experiencia vivida por pacientes de fisioterapia.

Muestra / Población:

de 20 a 40 deportistas (Amateurs o profesionales) que hayan sufrido lesiones de rodilla.

Actividad:

La actividad consistirá en enviarles una encuesta a estas personas, que se realizará por medio de google forms con el fin de conocer sobre la experiencia que tuvieron en tratamientos fisioterapéuticos.

Indicador:

Con esta encuesta, queremos conocer y analizar las experiencias vividas durante el tiempo que duró el paciente en el tratamiento, cuáles fueron las causas que hicieron abandonarlo, o si realmente lo completo. Queremos conocer qué es lo que realmente hace que el paciente continúe con el tratamiento, saber si consideran importante complementar la recuperación en casa, las modalidades deportivas por las que sufrieron la lesión y saber la profesionalidad de los deportistas (amateur o profesional). Finalmente se desea

saber detalladamente aspectos del estado emocional con respecto al tratamiento, su nivel de frustración, demanda física, demanda mental y rendimiento son características que nos ayudarán a entender con mayor claridad la experiencia de los pacientes.

Variables:

- Sexo.
- Edad.
- Tipo de deportista (amateur o profesional).
- Tipo de lesión en rodilla.
- Modalidad deportiva en que fue ocasionada la lesión.
- Asistencia en las sesiones de fisioterapia.
- Grado de acompañamiento por el fisioterapeuta.
- Comprensión correcta de la ejecución de los ejercicios.
- Comprensión sobre el proceso de recuperación (feedback).
- Experiencia durante el tratamiento en términos de estado emocional.

- Factores que causan la falta de adherencia.
- Nivel de satisfacción.
- Nivel de rendimiento.
- Nivel de frustración.
- Nivel de esfuerzo.

Las cuatro últimas variables se toman de referencia de la herramienta NASA TLX que busca validar de forma cuantitativa la carga mental de las personas al someterse las tareas de diferente índole.

La forma de distribución de las encuestas se hizo por medio de dos centros de rehabilitación física, la primera de ella es la academia fútbol paz, donde hay varios jugadores que están en estado de lesión y se encuentran cursando un proceso de recuperación, son jóvenes entre los 18 y 22 años de edad y están en total disposición para participar en la entrevista. El segundo establecimiento es el gimnasio de la universidad Icesi donde se encuentran varios deportistas remitidos por lesión.

TERCER TRABAJO DE CAMPO

8.5

Objetivos:

Conocer con profundidad la experiencia de una persona que esté cursando un tratamiento de rehabilitación de rodilla, por medio de un diario donde pueda expresar detalladamente su disposición, compromiso y estado emocional antes, durante y después del tratamiento.

Herramienta:

Contextmapping

Muestra / Población:

Este trabajo de campo se realizará con solo una persona, un deportista que esté cursando un tratamiento fisioterapéutico en rodilla.

Actividad:

La metodología para esta actividad es hacer un acompañamiento y seguimiento del paciente que asiste por una semana a fisioterapia. En primera instancia debemos tener el consentimiento de la persona que va a realizar la prueba para que podamos archivar y evaluar los resultados que se generen, En segundo lugar, se tiene pensado entregar un diario con la tarea de que el paciente registre los datos pedidos antes, durante y después de la terapia. Finalmente el nos devuelve el diario completo y nosotros proseguimos con el análisis de datos.

Indicador:

Con esta herramienta queremos conocer aspectos subjetivos sobre la persona que no pueden ser obtenidos mediante encuestas o entrevista ya que los datos están expuestos a variar mucho. Sin embargo, con el uso del diario, los pacientes tendrán más libertad y tiempo para registrar su experiencia diaria.

Descripción:

Se utilizó una agenda virtual (Contextmapping) para registrar la percepción y el estado emocional de la persona que está cursando por un tratamiento de rehabilitación. La idea con esta herramienta es conocer el contexto de la persona para poder comprender con mayor precisión los aspectos del diario vivir que pueden estar afectando la adherencia con el tratamiento fisioterapéutico.

RESULTADOS

8.6

Entrevista con expertos.

Para el trabajo de campo con los expertos hicimos una serie de preguntas esenciales que guiarán a nuestro proyecto de la mejor manera. La primera era sobre como es la adherencia a los tratamientos en los pacientes que atendían, con el fin de poder encontrar un problema en la falta

de adherencia que fuera común. La segunda radica en cuáles eran las principales lesiones que afectan la rodilla, la tercera cuales son los principales ejercicios que ayudan a la rehabilitación de estas lesiones. Estas dos últimas preguntas nos ayudó a la hora de dar una solución más específica. Y la última es como estos expertos motivan a sus pacientes a seguir con el tratamiento.

Con la primera pregunta logramos comprobar que los principales factores de la falta de adherencia son por lo general factores socioeconómicos, del servicio y relacionados con el tratamiento, por lo menos acá en Colombia. Entre los socioeconómicos encontramos que a los pacientes les es difícil acceder a los tratamientos por falta de dinero, a veces las lesiones que sufren son tan graves que el ir en transporte como buses no es lo más adecuado así que les toca pagar taxi o transportes más caros. Los relacionados con el servicio, a veces el fisioterapeuta no es claro sobre cuál es el tratamiento adecuado para el paciente y no explica de manera detallada los ejercicios se deben realizar, además no realiza un correcto seguimiento del paciente dejándolo en manos de auxiliares que carecen del conocimiento necesario para tratar la lesión. Muchos centros de rehabilitación cuentan con espacios muy reducidos y no son adecuados para ejecutar los ejercicios, o también carecen de implementos, herramientas o instalaciones necesarias.

Para la segunda pregunta encontramos una gran variedad de lesiones que se presentan en la ro-

dilla y muchas de estas comunes en deportistas amateurs, por lo menos en los pacientes que atendían los expertos. Entre las lesiones encontramos:

Esguince de Rodilla: Lesión en los ligamentos, las bandas resistentes de tejido fibroso que conectan los huesos de las partes superior e inferior de la pierna con la articulación de la rodilla. Varía según su grado.

Fractura de Rótula: Es la pérdida de continuidad ósea del hueso rotuliano. Al encontrarse este hueso en la parte anterior de la rodilla es más propenso al golpe. La mayoría de estas fracturas ocurren como resultado de traumatismos por accidente de tránsito o malos movimientos.

Luxación de la Rodilla: Es una lesión de la articulación de la rodilla en la cual los dos componentes óseos que la forman (el fémur y la tibia) pierden el acoplamiento articular entre ambos debido principalmente a un traumatismo de alta energía.

Tendinitis Rotuliana: Inflamación del tendón rotuliano.

Lesión de los meniscos: Los meniscos se rasgan o se rompen cuando la rodilla sufre un giro violento, habitualmente porque el cuerpo se mueve respecto a la pierna fija.

Condromalacia Patelar: Es una enfermedad caracterizada por la degeneración de la superficie

articular cartílago que constituye la cápsula posterior de la rodilla. Produce malestar o dolor sordo alrededor o detrás de la rótula.

La tercera pregunta relacionada con la anterior radica en los ejercicios que ayudan a dar solución a estas lesiones. Todo tipo de lesiones deben seguir un procedimiento, que por lo general comienza en las dos primeras semanas con ejercicios que ayudan a desinflamar la lesión a través de las modalidades físicas, después vienen los ejercicios isométricos que son ejercicios los cuales no requieren desplazamiento y ayudan a fortalecer la parte lesionada. Los estiramientos, fortalecimiento con pesas, ejercicios pasivos y activos, fortalecimiento de cadena cinéticas que ya son los que incluyen flexiones, y por último los ejercicios de propiocepción que son los que devuelven la percepción del movimiento al paciente.

Y por último, sobre cómo los expertos motivan a sus pacientes a seguir con el tratamiento, nos dimos cuenta de que no hay una manera como tal en los que ellos puedan motivar a los pacientes, por lo general lo hacen de manera verbal, advirtiéndoles sobre las consecuencias que puede tener el dejar la rehabilitación. Creemos que no es la manera más adecuada para motivar a los pacientes y en especial para deportistas jóvenes, la tecnología, los juegos, son cosas que van muy ligadas a este tipo de pacientes y se pueden aprovechar para motivar a completar el tratamiento.

Encuesta a deportistas con lesión de rodilla.

- De las 40 personas encuestadas el 100% de ellas afirmar ser deportistas amateur, quienes practican una modalidad deportiva frecuentemente durante la semana ya sea por hobby o por entretenimiento y a raíz de estas prácticas tuvieron o tienen una lesión en rodilla.

- Las lesiones de mayor frecuencia son esguince de rodilla con un 37,6% de población total y ligamento cruzado posterior con un 40%. Ambas lesiones se relacionan mucho en cuanto a los ligamentos de la rodilla afectados, la única diferencia es que en el esguince hay una rotura parcial o un estiramiento fuerte de los ligamentos que rodean la rodilla, mientras que la rotura de ligamento cruzado se produce cuando se rompe el ligamento en 2 partes y requiere de tratamiento quirúrgico obligatorio para tratar la lesión.

- El 66% de la población encuestada sufrió alguna lesión en rodilla mientras jugaba fútbol, aspecto que afirma la vulnerabilidad de lesiones en esta modalidad deportiva seguidas por basketball 16% y atletismo 16%.

- En cuanto a la adherencia al tratamiento la mitad de los encuestados afirman haber terminado completamente el tratamiento de fisioterapia prescrito, mientras que la otra mitad afirma no haberlo terminado, dejando el tratamiento en una fase interrumpida o desertando definitivamente con la continuación del proceso.

- En cuanto a los factores que impidieron continuar con el tratamiento, el 70% de la población afirma que la falta de tiempo para cumplir la asistencia a la sesión y el 50% afirma que las rutinas repetitivas fueron causa de su falta de adherencia (se podía votar más de una opción).

Estos factores se relacionan mucho con las investigaciones mencionadas en el marco teórico, el primero de ellos hace referencia a los factores sociales, las personas deben cumplir con otros compromisos y a causa de estos se les dificulta ir a los tratamientos con regularidad. El segundo factor está relacionado al tratamiento como tal, donde se implementan rutinas repetitivas en los pacientes, afectando la motivación de ellos ya sea porque no le ven efectos beneficiosos a esas rutinas, porque se genera un pensamiento anticipado del tratamiento o por falta de actividades más dinámicas donde se vincule en mayor medida al paciente con su proceso de recuperación, ocasionando una mayor adherencia al tratamiento. tratar la lesión.

Finalmente se les preguntó a los pacientes si durante el tratamiento le formularon ejercicios para realizar en casa, el 33% de ellos afirmaron que sí y de ese porcentaje el 40% de ellos se sintieron motivados por complementar su tratamiento en casa. Este dato nos indica que si hay un interés por parte de los pacientes de realizar ejercicios en casa, esto no solo les acorta el proceso de recuperación, también les ahorra dinero si se recuperan antes del total de sesiones prescritas por el mé-

dico.

Agenda virtual

A partir de los datos registrados sobre la experiencia del tratamiento en una semana de un usuario con lesión de meniscos, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Su carga laboral impide que asista al tratamiento con total regularidad y adicionalmente afecta su rendimiento en las sesiones. Los primeros días de fisioterapia nos cruciales para una buena recuperación, pues se hace control de la inflamación y dolor de la articulación. Sin embargo, por su carga laboral no asistió el día jueves al centro de rehabilitación. Adicionalmente, en una de las sesiones no cumplió con las instrucciones del fisioterapeuta por atender una llamada del trabajo, lo que afecta directamente su rendimiento en el proceso de recuperación y incomodidad por sentir que la terapia se perdió ese día.

- La implementación de técnicas nuevas y rutinas dinámicas le causaron una mayor motivación con el tratamiento: la utilización de hidroterapia y cera para el control de la inflamación, la implementación de cinta kinesiológica en su rodilla para mejorar el movimiento, los ejercicios de propiocepción iniciales para fortalecer la rodilla, fueron aspectos que elevaron su nivel de compromiso al ver que habían pequeños índices de mejoría en la lesión y al comprender que hay distintas for-

mas de tratar la inflamación, no solo con aplicar frío y calor, sino que existen otras técnicas.

- Durante los primeros días no sintió nada de mejoría en su rodilla y por lo contrario, salía con mayor dificultad para caminar después de la terapia, lo que le causó fastidio con el tratamiento. Sin embargo, luego de que la fisioterapeuta le explicará detalladamente la lesión que él tenía, cuál es el protocolo que se utiliza para ese tipo de lesión y cuánto tarda todo el proceso de recuperación, el usuario se sintió más informado y cambió su actitud para cumplir con el tratamiento.

DETERMINANTES

9

Determinantes

1 La instalación debe implementar ejercicios de propiocepción como elemento clave para la rehabilitación de lesiones de rodilla.

Usuario - Contexto: Deportistas con lesiones en rodilla que requieran de ejercicios de propiocepción: ejercicios que impliquen la marcha, balance y equilibrio.

Teórica: Según la fisioterapeuta estos ejercicios son claves para la recuperación de cualquier lesión de rodilla, es el sentido que informa al organismo de la posición de los músculos.

Técnicas:

- Plataforma inestable
- Sensores para validar los movimientos.
- Banda de marcha.

2 Se debe contar con un sistema digital que integre la instalación.

Usuario - Contexto: Personas que usen los medios digitales con frecuencia y se adapten fácilmente a una interfaz gráfica.

Teórica: Requerimiento funcional de la instalación interactiva mediante el uso de un monitor como actuador para mostrar una interfaz gráfica que guíe la rutina de fisioterapia.

Técnicas:

- Interfaz fácil de manejar, gráfica y de fácil comprensión.
- Explicación de los ejercicios a través de la interfaz.
- Mejorar motivación mediante juegos y retos.
- Mostrar músculos implicados en el ejercicio.

3 Análisis de datos y muestra de progreso del paciente como datos fundamentales para medir el rendimiento y recuperación del paciente.

Usuario - Contexto: Los pacientes desean conocer su proceso de recuperación, comprender la ejecución de los ejercicios, comprender completamente su lesión y cuáles son las impli-

caciones para llevar a cabo una mejor recuperación.

Teórica: Este es un requerimiento esencial para validar y medir el progreso del paciente con el fin de que el mismo prototipo proporcione esta información, de esta forma el paciente estará más comprometido con su terapia.

Técnicas:

- Registro de datos mediante librerías y software de control de datos.
- Mostrar los datos mediante recursos gráficos (diagrama de barras, mapas de árbol, cambios periódicos, gráfico de torta, ranking etc..) y retos.

4 Contar con todos los aspectos de seguridad para asegurar un uso adecuado del prototipo y evitar agravar la lesión

Usuario - Contexto: Los pacientes tienen el objetivo de recuperarse completamente y no de ocasionar más lesiones o agravar la que sufre.

Teórica: Requerimiento técnico de la instalación para garantizar la ergonomía del sistema para que el paciente no esté expuesto a agravar la lesión.

Técnicas:

- Manual de seguridad y de instrucciones.
- Lograr que la subida y bajada al prototipo sea segura.

5 La instalación debe proporcionar feedback sonoro, visual y de vibración

Usuario - Contexto: Los pacientes deben realizar efectivamente los ejercicios recomendados cumpliendo con unas repeticiones necesarias y buena ejecución.

Teórica: Los métodos de feedback mantendrán informado al paciente y conscientes de la ejecución de los ejercicios.

Técnicas: Proporcionar feedback mediante sonidos, metáforas gráficas, vibración).

6 Relación de datos con el médico.

Usuario - Contexto: Los pacientes están sujetos a la prescripción del médico y deben cumplir con todos los requisitos.

Teórica: La rutina de terapia está determinada por el informe médico, los fisioterapeutas deben implementar la rutina siguiendo la prescripción.

Técnicas:

-Establecer una comunicación directa del progreso del paciente con el médico.

7 Limitación del tiempo de los pacientes.

Usuario - Contexto. Los usuarios afirman que no cuentan con el tiempo necesario para asistir a las terapias.

PROPUESTAS

10

PROPUESTA 1 10.1

Entrenador Virtual.

Utilizando tecnología de realidad aumentada se plantea desarrollar un entrenador virtual que guíe la totalidad de la rutina. La idea es que esta aplicación de realidad virtual sea usada en casa como un método complementario de su recuperación, el paciente debe seguir las indicaciones dictadas por el entrenador virtual hasta cumplir con la rutina. Igualmente estará acompañada con sensores y ofrecerá su respectivo análisis de datos de cada rutina y la muestra del proceso de recuperación.

PROPUESTA 2 10.2

Instalación interactiva (plataforma inestable + app escritorio).

Esta instalación contará con un hardware y software propio para que el paciente realice su rutina por medio de juegos funcionales. Se utilizará uno

de los elementos de fisioterapia claves para la recuperación (tabla inestable) que se encarga de potenciar y fortalecer los músculos de la rodilla. Esta tabla es usada en la mayoría de rutinas de personas con lesiones en rodilla que cursan por una etapa intermedia y avanzada de su recuperación. La tabla inestable estará incorporado con sensores para garantizar la correcta ejecución de los ejercicios y emitir retroalimentación inmediata. Adicionalmente se podrá comunicar con la interfaz gráfica de la aplicación de escritorio con el fin de realizar los ejercicios y rutinas mediante juegos, las dinámicas del juego serán controladas y modificadas a partir del movimiento del paciente en la tabla inestable. La instalación también contará con una sesión de análisis de datos, muestra gráfica del progreso del paciente y comunicación directa del progreso con el médico.

PROPUESTA 3 10.3

Esta idea consiste en el desarrollo de una rodillera que esté incorporada con sensores y actuadores para validar los ejercicios a realizar de cada paciente y brindar una retroalimentación inmediata. Adicionalmente, la rodillera tendría la capacidad de comunicarse con una aplicación móvil que guíe toda la rutina del paciente. La aplicación es alimentada en primera instancia por el fisioterapeuta o médico que creará la rutina específica de cada paciente. Se estará re-

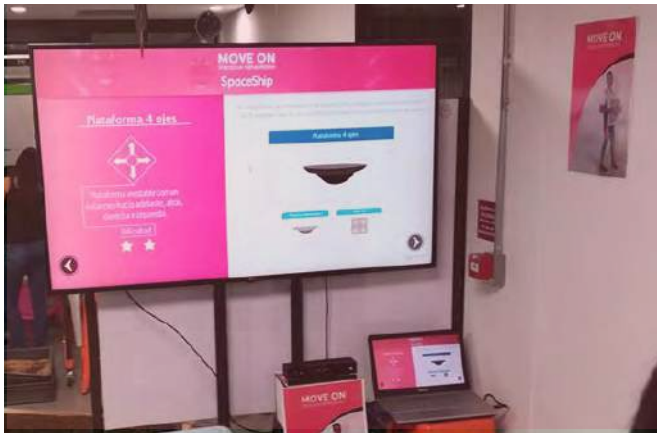
gistrando constantemente los datos de la rutina para garantizar que se si esta cumpliendo con los ejercicios, el paciente podrá ver su progreso gráficamente, los resultados de cad rutina y la explicación detallada de cada ejercicio. Finalmente, después de cada semana se le enviará los datos al médico para evaluar la evolución de la la lesión y dependiendo de esta, enviará modificaciones en la rutina.

Esta instalación contará con un hardware y software propio para que el paciente realice su rutina por medio de juegos funcionales. Se utilizará uno de los elementos de fisioterapia claves para la recuperación (tabla inestable) que se encarga de potenciar y fortalecer los músculos de la rodilla. Esta tabla es usado en la mayoría de rutinas de personas con lesiones en rodilla que cursan por una etapa intermedia y avanzada de su recuperación. La tabla inestable estará incorporado con sensores para garantizar la correcta ejecución de los ejercicios y emitir retroalimentación inmediata. Adicionalmente se podrá comunicar con la interfaz gráfica de la aplicación de escritorio con el fin de realizar los ejercicios y rutinas mediante juegos, las dinámicas del juego serán controladas y modificadas a partir del movimiento del paciente en la tabla inestable. La instalación también contará con una sesión de análisis de datos, muestra gráfica del progreso del paciente y comunicación directa del progreso con el médico.

PROPUESTA FINAL

11

Como propuesta final se desarrollara una instalación interactiva que nos permite integrar todas las determinantes de diseño mencionadas anteriormente con el fin de aumentar la adherencia al tratamiento. La instalación cuenta con diferentes actuadores y sensores que permiten medir con precisión la ejecución de los ejercicios, ofrece un feedback inmediato para indicarle al paciente la efectividad de sus movimientos, ofrece informes de los resultados de cada rutina, y cuenta con una sesión de análisis de datos, son muy útiles tanto para el paciente como para el médico. Adicionalmente, esta rutina de medición, estará acompañada de varios videojuegos para sumarle un componente de entretenimiento donde el paciente se podrá recuperar mediante dinámicas más llamativas y que permitan captar la atención del paciente. De esta forma se busca aumentar la adherencia al tratamiento, tratando de informar detalladamente sobre el proceso de recuperación e implementando juegos que rompan con las rutinas monótonas y repetitivas y puedan aportar a la fisioterapia deportiva como un medio dinámico y novedoso de recuperarse.



Tipo de ejercicios y fase de recuperación:

Según los estudios realizados y el trabajo de campo, encontramos que las patologías de lesiones de rodilla son muchas y todos requieren de fisioterapia para una correcta recuperación, se pueden encontrar desde pequeños desgarros de ligamentos, esguince de rodilla, artrosis, rotura total de ligamentos, tendinitis, meniscos, condromalacia patelar, lesiones en la rótula, luxaciones de rodilla etc.. Cada uno requiere de ciertos ejercicios a realizar y depende mucho de su grado de lesión, las limitaciones que tenga el paciente y si a pasado por una intervención quirúrgica. Sin embargo, todas estas lesiones, en algún momento de su proceso de recuperación requieren de ejercicios de propiocepción. Se puede entender la propiocepción como la capacidad que tiene el cuerpo para adaptarse al movimiento o posición de las distintas articulaciones del cuerpo, así como el estado de tensión y relajación de la musculatura.

En casi todas las lesiones, los pacientes tienen problema con el balance, el equilibrio o la marcha debido a las limitaciones de la lesión, las malas posturas que han adquirido por el dolor o el miedo a sufrir de nuevo la lesión, y por esta razón es que la propiocepción juega un rol tan importante en la recuperación, lo que busca es que el paciente recupere su movimiento natural para realizar sus actividades diarias.

La propiocepción tiene varios niveles y depende de la fase de recuperación del paciente, nosotros proponemos ejercicios de propiocepción avanzada los cuales son cruciales para que el deportista pueda re-adaptarse a su actividad física, en esta instancia el paciente ya ha superado la fase de inflamación y dolor de la articulación, está cursando por una fase intermedia del tratamiento y busca tener un movimiento normal de la articulación (recuperar adecuadamente el balance, el equilibrio, la marcha y el trote) para realizar sus actividades diarias o volver a la práctica deportiva.



Propuesta de hardware:

La mayoría de ejercicios de propiocepción avanzados se realizan con ayuda de algún utensilio de fisioterapia para exigirle al paciente en controlar su cuerpo, la mayoría de ellos son bases inestables monopodal o multimodal o bozu. Por tal motivo se propone desarrollar una base inestable multimodal (multidireccional) con el fin de exigirle al paciente un control del balance en los 4 ejes y tenga mayor fortalecimiento de los músculos alrededores de la rodilla, esta base es muy útil para realizar varios ejercicios de propiocepción y su estructura nos permite incorporar sensores para medir la ejecución de los ejercicios.

Sensores:

Con el objetivo de verificar y monitorear los movimientos del paciente en la plataforma se utilizará un sensor giroscopio para obtener los valores de todos los ejes, de esta forma se podrá calcular los ángulos de inclinación de cada ejercicio. Adicionalmente se utilizan los sensores de distancia y de movimiento del Kinect 2 para validar otros movimientos como sentadillas, postura, ejercicios complementarios en los brazos y posición de la cadera de esta forma podremos evaluar con exactitud la ejecución de cada ejercicio.

Propuesta de software:

Se pretende realizar una aplicación de escritorio para representar gráficamente todo el sistema de recuperación. La aplicación es totalmente personalizada, cada usuario podrá iniciar sesión con su perfil correspondiente y procederá a la rutina prescrita por el fisioterapeuta o el médico, tiene acceso a la representación gráfica de su proceso de recuperación, su desempeño a lo largo de las rutinas, la intensidad de músculos que ha trabajado etc.. Tendrá toda la información correspondiente a su proceso de recuperación. Posteriormente puede iniciar con la rutina escogiendo uno de los juegos y realizando los ejercicios con la tabla inestable de acuerdo a las instrucciones en pantalla. Por último se le presentarán los resultados de la rutina y podrá volver al menú principal para ver sus datos de recuperación.

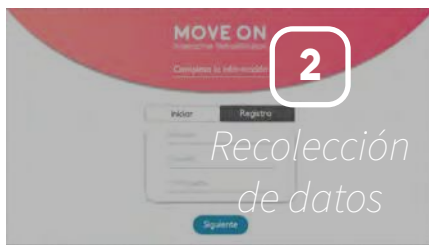
Adicionalmente, el sistema ofrece detalladamente información de cada ejercicio indicando que musculos estan implicados y la forma correcta de ejecutarlos. El sistema cuenta con una serie de niveles y etapas que el paciente tendrá que completar dependiendo del estado de su lesión. Adicionalmente, el sistema ofrece detalladamente información de cada ejercicio indicando que musculos estan implicados y la forma correcta de ejecutarlos. El sistema cuenta con una serie de niveles y etapas que el paciente tendrá que completar dependiendo del estado de su lesión.

Secuencia de Uso.



1

Visita al centro
de Fisioterapia



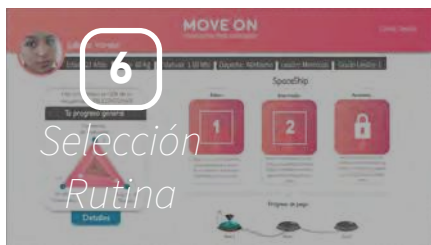
2

Recolección
de datos



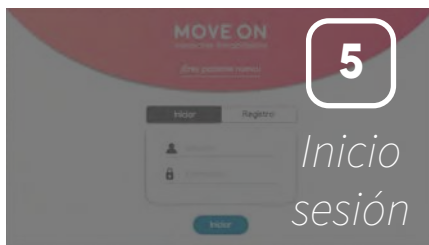
3

Entrega
de MoveOn



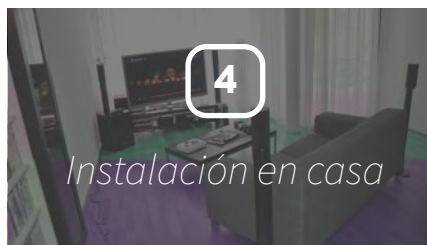
6

Selección
Rutina



5

Inicio
sesión



4

Instalación en casa



7

Información
plataforma



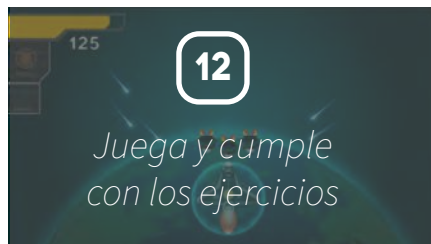
8

Información
Rutina



9

Personalización



12

Juega y cumple
con los ejercicios



11

Subete
a la plataforma



10

Instrucciones



12

Análisis rutina
y visualización progreso



13

Vínculo con el
medico

PRUEBAS DE USUARIO

12

OBJETIVO 12.1

Se tiene como objetivo evaluar la efectividad de ejercicios implementados y verificar su aporte al proceso de recuperación. En segundo lugar se desea evaluar la experiencia del paciente cuantitativamente con el uso de la instalación y finalmente se evaluará las consideraciones cualitativas sobre el prototipo.

EJERCICIOS IMPLEMENTADOS 12.2

En cuanto al primer objetivo, se trabajó junto con Adriana Rodríguez fisioterapeuta profesional de la universidad Icesi, con ella se evaluaron diferentes ejercicios que se pueden llevar a cabo con nuestra instalación teniendo en cuenta la fase de recuperación del paciente, las restricciones de cada lesión de rodilla y la falta de elementos de seguridad del prototipo para realizar ejercicios muy avanzados, finalmente se eligieron los siguientes ejercicios: equilibrio con bosu, sentadilla con bosu.

Teniendo en cuenta estos dos ejercicios como base de la rutina de nuestro prototipo, se realizaron ajustes en las dinámicas del juego con el objetivo de exigir a los pacientes a realizar correctamente ambos ejercicios con el tiempo y las repeticiones recomendadas por la fisioterapeuta para que haga efecto el ejercicio.

JUEGO IMPLEMENTADO 12.3

El juego desarrollado para este prototipo consistía en manejar el movimiento de una nave espacial con el equilibrio en la tabla inestable sin salirse del camino indicado y debía seguir con una serie de objetivos para conseguir mayor cantidad de puntos y cumplir con las condiciones de los anteriores ejercicios mencionados: Debía coger la mayor cantidad de monedas posibles, evitar colisiones con obstáculos y realizar sentadillas para recolectar mayor combustible. El objetivo del juego era estar el mayor tiempo en el camino hasta que se agota totalmente el combustible el cual iba disminuyendo a medida que avanzaba la nave y para recuperarlo se debía realizar las sentadillas correspondientes.

METODOLOGÍA 12.4

Para la realización de las pruebas de usuario se seleccionaron 10 personas que tuvieron una lesión de rodilla recientemente o que están en plena recuperación de la lesión, la lista de personas lesionadas fue remitida por la fisioterapeuta Adriana Rodriguez , quien atiende a varios estudiantes lesionados en la universidad y le pareció interesante que estas personas fueran parte de las pruebas de usuario. El tiempo de las pruebas fue alrededor de 15 minutos por persona y se llevaron a cabo en las instalaciones de la universidad Icesi.

NASA TASK
LOAD INDEX

12.5

Teniendo en cuenta los objetivos mencionados anteriormente se requiere evaluar la experiencia de las personas de una forma cuantitativa, para ello se utilizó la herramienta The NASA Task Load Index (NASA-TLX) que tiene como función evaluar multidimensionalmente la carga mental de los usuarios al ponerlos a prueba con algún prototipo. Con esta herramienta se pueden medir aspectos como: carga mental, carga física, nivel de rendimiento, nivel de frustración, exigencia temporal y nivel de esfuerzo en una escala de 1 (muy bajo) a 20 (muy alto). De esta manera podemos evaluar ajuste de ergonomía del prototipo y evaluar la experiencia de los usuarios en las diferentes dimensiones.



Para poder tener mayor precisión a la hora de analizar los objetivos, se tomó como punto de comparación la rehabilitación tradicional y de esta forma poder contrastar con nuestra propuesta de rehabilitación, por tal motivo las pruebas se realizaron de la siguiente manera: 1) Se realiza ejercicios de rehabilitación tradicional.

- 1) Se realizan los ejercicios de manera normal.
- 2) Se responde el formulario de la Nasa TLX.
- 3) Se realizan ejercicios mediante el uso del prototipo.
- 4) Se responde el formulario de la Nasa TLX.
- 5) Retroalimentación cualitativa del prototipo.

Luego de comparar cada aspecto de la carga mental de la herramienta NASA TLX, se obtuvo que en las 6 dimensiones (demanda mental, demanda física, nivel de rendimiento, nivel de frustración, exigencia temporal y nivel de esfuerzo) es mayor la carga implicada en nuestro prototipo que en la rehabilitación tradicional.

- En cuanto a la demanda mental y demanda temporal se presentó con un promedio más elevado en el prototipo (9,2 y 12,3) que en la rehabilitación tradicional (5,4 y 11,9) debido a las diferentes tareas simultáneas y compuestas que se debían realizar, el usuario estaba forzado a tomar decisiones en periodos muy cortos de tiempo y esto torna el ambiente de recuperación a un ritmo alto.

- En cuanto a la demanda física también se obtuvo un promedio mayor con nuestro prototipo (13,6) debido a las altas exigencias físicas que implicaba realizar, mantener el equilibrio todo el tiempo y realizar sentadillas con la plataforma son ejercicios más complejos y requieren un mayor compromiso físico que los ejercicios de rehabilitación tradicional (promedio de 7,6).

- El nivel de frustración mediante el uso del prototipo (18) también superó al de rehabilitación tradicional (9) debido a las inseguridades que producía controlar la tabla, los usuarios sentían temor por caerse, se ayudaban de las paredes para sentirse más estables y sentían una alta tensión al subirse y bajarse de la plataforma.

- El nivel de rendimiento con el prototipo con un promedio de (13,4) superó la rehabilitación tradicional (7) debido al grado de satisfacción que los usuarios tenían en la instalación así no cumplirían con el total de los ejercicios, el prototipo ofrecía retroalimentación inmediata para mantener informado al usuario todo el tiempo.

- Finalmente en cuanto al grado de esfuerzo, también lo superó el prototipo con un promedio (13) el cual reúne tanto la demanda física como mental implicada en el prototipo, los usuarios sintieron que se tuvieron que esforzar demasiado para cumplir con todas las tareas propuestas mientras que la rehabilitación tradicional (promedio de 9) consiste en ejercicios más simples que requieren menos esfuerzo.

RETROALIMENTACIÓN CUALITATIVA

12.6

- El proceso de adaptación para el uso de la plataforma es muy complejo, las personas requerían de 5 a 7 minutos para poder tener un equilibrio mínimo en la tabla y se producía cierta inseguridad por perder el balance y caer.

- El diseño de la interfaz gráfica fue muy llamativo, los usuarios pudieron navegar por todas las opciones del sistema y les pareció muy pertinente el diseño para el campo de la rehabilitación.

- La cantidad de objetivos simultáneos y complejos generó que las personas no pudieran tener buenos resultados, dificultando que se realizaran adecuadamente todos los objetivos lo que propicia un ritmo de trabajo alto generando estrés y tensión en el usuario.

- Desarrollar elementos de seguridad para proteger la lesión del paciente.

- Implementar otros ejercicios más básicos para personas que recién están en la fase inicial de la recuperación.

Luego de analizar los resultados de las pruebas de usuario y las asesorías en clase se llegaron a los siguientes ajustes:

- La plataforma debe servir para todas las fases de recuperación, para ello se piensa desarrollar diferentes módulos de inclinación que se puedan cambiar fácilmente por el usuario. Dependiendo de la evolución de la lesión, el usuario está en la capacidad de seleccionar un módulo de inclinación diferente

Se debe aumentar la cantidad de ejercicios.

- Se debe implementar estrategias interactivas

distintas del juego para realizar la rutina en la plataforma.

- Se deben incorporar elementos de seguridad como bastones o barras laterales para proteger la lesión del paciente. - La plataforma deber ser totalmente portable para que las personas puedan llevar a cabo su recuperación en casa.

AJUSTES PROPUESTA FINAL

13

Como propuesta final se desarrollará un sistema digital de recuperación compuesto por un hardware (plataforma inestable) y software propio con el objetivo de ofrecer una rehabilitación interactiva. El sistema será una herramienta complementaria del proceso de recuperación, por lo tanto el centro de rehabilitación entrega este sistema para que se pueda continuar con el tratamiento en casa y garantice que se está realizando de manera adecuada.

El sistema tendrá las siguientes características:

- Posibilidad de usar módulos de inclinación distintos dependiendo del grado de complejidad de los ejercicios y la fase de recuperación de la persona con su respectivo método de calibración para cada módulo.

- Implementación de juegos y herramientas interactivas para realizar los ejercicios.
- Retroalimentación inmediata para informar al usuario la efectividad de la ejecución del ejercicio.
- Recolección de datos del paciente y muestra del progreso del proceso de recuperación de manera gráfica.
- Explicación de cada ejercicio implicado en la rutina (forma de ejecución, músculos comprometidos, repeticiones necesarias etc.).
- Registro del rendimiento del paciente para que pueda ser visto por el fisioterapeuta o deportólogo.
- La plataforma es totalmente desarmable y portable para que pueda ser usada en casa o cualquier establecimiento externo al centro de rehabilitación.

CONCLUSIÓN INVESTIGACIÓN

14

La investigación que se llevó a cabo para este proyecto proporcionó datos realmente importantes y vitales para la realización de este proyecto a futuro. Se pudo entender que hay un

problema en el área de la fisioterapia. Llevar un proceso de rehabilitación es complejo, de sumo cuidado y dedicación por parte del paciente, si no quiere recaer de nuevo en la lesión y continuar con su práctica deportiva. Sin embargo casi el 50% de los pacientes no cumplen con la rehabilitación y se entendió que son por ciertos factores relacionados con el tratamiento, el servicio, y factores socioeconómicos que desmotivan al paciente y por consiguiente hacen que abandone el tratamiento. Es por eso que nace esta propuesta con el fin de aumentar esa adherencia a los tratamientos fisioterapéuticos.

Aprovechando que nuestro público objetivo son jóvenes entre los 18 y 25 años de edad, se decidió que el proyecto tuviera una fuerte relación con los videojuegos y la tecnología, de esta manera será más fácil motivar al paciente y hacer que continúe cumpliendo con su tratamiento. Además este proyecto no tiene la intención de desviarse del objetivo principal de la fisioterapia que es rehabilitar la parte lesionada, es decir que este proyecto no solo cumple con aumentar la adherencia a los tratamientos fisioterapéuticos sino que también tiene como fin ayudar a rehabilitar la parte lesionada con una serie de ejercicios brindada por expertos.

PROTOTIPO

15

FACTORES DE INNOVACIÓN

15.1

La rehabilitación física en casa que brinda MoveOn cuenta con los siguientes factores de innovación:

- **Facilidad de uso:** El usuario tiene la libertad de realizar su rutina diaria a cualquier hora del día sin tener que estar limitado por una hora fija ya que dispone del sistema de rehabilitación en casa y por consiguiente se amplían las posibilidades de uso. Adicionalmente por la característica de ser portable, en cuanto su hardware (tabla inestable), se podría transportar a un sitio con las condiciones requeridas para realizar la rehabilitación.
- **Rutinas dinámicas:** Los usuarios realizan sus rutinas por medio de herramientas interactivas que brindan una mejor experiencia de fisioterapia y captan en mayor medida su interés que permite una mejor adherencia al tratamiento y así llegar a conseguir resultados efectivos.

Retroalimentación de la recuperación: El sistema MoveOn mide en todas sus rutinas las variables básicas de recuperación de rodilla (Ángulo de flexión, dolor y fuerza) y las muestra gráficamente en el panel principal del usuario. El usuario puede ver como ha sido su progreso desde el inicio de la recuperación y tiene acceso a registros gráficos de todas las rutinas con respecto a

las variables mencionadas para obtener un entendimiento detallado de su recuperación.

- **Integración de sensores y tabla inestable:** El producto cuenta con la integración de sensores (giroscopio, distancia, infrarrojo, tracking del cuerpo) para una mayor precisión en el registro del rendimiento del paciente y con la implementación de una tabla inestable que se comunica con la interfaz gráfica con el objetivo de cumplir con la rutina con el uso de la tabla y generar un componente interactivo entre el uso de la tabla y la interfaz gráfica.

- **Retroalimentación del médico:** El sistema permite una comunicación entre el paciente y el médico. En primera instancia el médico recibe un informe del resultado de la rutina del paciente y posteriormente envía retroalimentación de la rutina, consejos o cambios dependiendo del progreso del paciente.

ALCANCE PROYECTO

16

El producto viable desarrollado para mostrar las características principales del sistema de rehabilitación en casa cuenta con los siguientes componentes:

SOFTWARE

16.1

1) Desarrollo de interfaz gráfica para comunicar todos los aspectos de la rutina:

- Pantalla de inicio.
- Pantalla principal (Características de la lesión exhibición de rutinas y muestra del progreso e información del paciente).
- Pantalla detallada del progreso (Muestra detalladamente las variables de recuperación por rutina).
- Pantalla de explicación del uso de las plataformas inestables.
- Pantalla de explicación de la rutina con cada uno de sus ejercicios.
- Pantalla de instrucciones del juego que cumple con el rol de la rutina.
- Instrucciones de seguridad para subirse y bajarse de la plataforma.
- Pantalla de resultados del rendimiento de la rutina.
- Pantalla para indicar el grado de dolor durante la rutina.

2) Desarrollo de tres rutinas distintas que corresponden a los tres niveles de recuperación (Inicial, Intermedio y Avanzado).

3). Grabación, edición y producción de video tutoriales de los ejercicios que explican detalladamente la correcta ejecución de ellos.

4) Implementación de gráficos estadísticos para mostrar la recuperación detallada el paciente con respecto a las variables de recuperación (fuerza, ángulo de flexión y dolor).

5) Retroalimentación al final de cada rutina indicando por medio de gráficos su rendimiento en cada uno de los ejercicios y su promedio de equilibrio.

HARDWARE

16.2

- Construcción de tabla inestable que integra la interfaz gráfica con sus respectivos espacios para la ubicación del sensor giroscopio y cables.

- Portabilidad de la tabla inestable y modularidad para que el usuario pueda trabajar sobre distintos tipos de suelo y así adicionar mayor dificultad a la rutina.

- Integración del kinect que brinda una serie de sensores para el registro del rendimiento del paciente con respecto a las variables de recu-

peración y a la validación de la correcta ejecución de los ejercicios.

SERVICIOS 16.3

- Interpretación de los datos del sensor giroscopio mediante el uso del microprocesador Arduino y su comunicación con la interfaz gráfica del computador por medio de comunicación serial.
- Comunicación del kinect 2 para el uso de sus sensores a través de sus librerías.
- Envío de datos al médico de sistema de rehabilitación hacia su página web para ver el informe de resultados mediante el protocolo de transmisión TCP con el uso de la librería SocketIO. La página web se desarrolla en React que permite mostrar los datos en tiempo real sin necesidad de actualizar la página.
- Persistencia de datos del paciente por medio de csv y firebase para tener registro de todas las variables de cada rutina y poder hacer uso de ellas para muestra de recuperación y envío de informe vía web al médico.

VIABILIDAD TÉCNICA

17

La viabilidad técnica del proyecto cuenta con una serie de requerimientos relacionados con la tecnología utilizada que determina su durabilidad, resistencia y operatividad:

- El kinect o cámara que brinda el sistema para registrar el movimiento del paciente debe estar ubicado de tal forma que se pueda registrar el cuerpo entero del paciente, para ello se debe ubicar en una zona preferiblemente alta, posicionarlo de tal forma que el lente del dispositivo tenga dirección fija al usuario y verificando que se guarde una distancia mínimo de 1 metro entre el dispositivo y el paciente.
- En cuanto a la tabla inestable, se debe posicionar con la misma del kinect al usuario mencionado anteriormente, se debe verificar que está orientado correctamente siguiendo la indicación sobre la cara superior de la plataforma y se debe conectar al computador por medio de usb antes de ejecutar el sistema de rehabilitación.
- Luego de que los sensores están ubicados y conectados correctamente se ejecuta la aplicación del sistema de rehabilitación y aparecerá un aviso para la calibración del giroscopio, durante la permanencia de esta aviso no se debe mover la plataforma, se debe encontrar firmemente en el suelo y en total equilibrio para que se calibración sea efectiva.
- Se debe verificar que el computador donde se ejecute la aplicación de rehabilitación esté co-

nectado correctamente a internet, de esta forma se podrá enviar el informe de resultado al médico y se podrán obtener la retroalimentación del proceso.

A nivel de hardware el sistema MoveOn cuenta con una plataforma inestable, giroscopio, kinect 2 y arduino, a nivel de software está compuesto por una aplicación de escritorio con el objetivo de mostrar la interfaz gráfica. Estos elementos son de fácil adquisición y de costo relativamente bajos para producir el sistema de forma escalable a nivel comercial, y ofrecerlas a los diversos centros de rehabilitación de la ciudad quienes son nuestros principales clientes.

Los elementos nombrados anteriormente fueron los utilizados para realizar el prototipo. Sin embargo, a nivel ideal y escalable algunos de sus compuestos se podrían simplificar reducir los costos y mantener su funcionalidad, como es el caso del sensor kinect que puede ser reemplazado por una cámara y arduino que puede ser reemplazado por un circuito integrado con módulo wifi que gestione de la misma manera los datos del giroscopio.

PROCESO DE PRODUCCIÓN

17.1

El sistema de rehabilitación MoveOn es una instalación interactiva que integra software y hardware para brindar una experiencia única e innovadora en el campo de la rehabilitación física por lesiones deportivas de rodillas. Para ello se siguió el siguiente proceso de producción.

Software

La aplicación de escritorio para el sistema MoveOn está desarrollada con el lenguaje de programación Java, mediante el uso de la librería de Processing que permite facilidades para la construcción de la interfaz gráfica. Con esta librería se desarrolla la base de la aplicación en cuando a su estructura y lógica de cada una de las pantallas, su navegación, representación de la interfaz gráfica y comunicación e intergrafica con las demás librerías.

De acuerdo a los requerimientos del proyecto y a los servicios ofrecidos, se nombran a continuación las librerías, servicios y frameworks integrados a la aplicación base:

Representación de datos

gicenterUtils y Gráfica library: Usadas para representar las variables básicas de recuperación (ángulo de flexión, dolor y fuerza) por medio de gráficos estadísticos para mostrarle al usuario una representación de datos visual de su proce-

so de recuperación.

Validación de ejecución ejercicios.

- KinectPV2: Librería usada para utilizar los sensores y herramientas brindadas por el kinect, con esta librería se obtiene un registro anatómico de las extremidades del cuerpo humano que nos permite la validación de la correcta ejecución de los ejercicios.

- Arduino IDE: Utilizado para obtener los datos generados por el giroscopio, posteriormente son enviados a la aplicación por comunicación serial y finalmente son utilizados para controlar la base inestable y poder analizar el equilibrio de la persona (componente básico de la propiocepción).

Retroalimentación.

- Minim: Librería usada para la implementación de sonidos que brindan retroalimentación auditiva a la experiencia.

- GifAnimation: Usada para incorporar imágenes formato .gif a la aplicación.

- VideoProcesing: Usada para la incorporación de videos.

Comunicación con el médico.

- SocketIO: Brinda comunicación bidireccional

entre cliente - servidor en tiempo real por medio de WebSockets, se usa para comunicar la aplicación de escritorio con la página web donde el médico puede ver el informe de los resultados y le envíe al usuario la evaluación de la rutina, consejos, indicaciones o cambios en la rutina en caso de ser requerido.

- Node js: Entorno de ejecución multiplataforma de código abierto para desarrollar aplicaciones web. Usada para correr el servidor local y poder gestionar los datos enviados del cliente.

- Gson (Google): Librería para poder convertir objetos java a variables string con estructura json. Usada para enviar los datos con estructura json por medio de socketio

- React: Framework de javascript que permite construir one-page application de forma sencilla con la característica de actualizar su información en tiempo real sin que se actualice la página. Se utiliza para desarrollar la página web donde el médico podrá ver los resultados.

Bases de datos y persistencia.

- Firebase: Se utiliza su componente de bases de datos en tiempo real, para guardar todas las variables del proceso de recuperación, variables de los resultados de las rutinas e información del paciente.

- CSV: Se utiliza para guardar los mismos datos

anteriores pero a nivel local, con un formato representado en tablas que nos ayuda para el análisis e interpretación de los resultados.

El ambiente de desarrollo integrado para el desarrollo de la aplicación es IntelliJ IDEA.

Hardware.

Plataforma inestable.

El hardware propuesto por el sistema de rehabilitación es una tabla inestable que cumpla con las características de portabilidad, resistencia y modularidad.

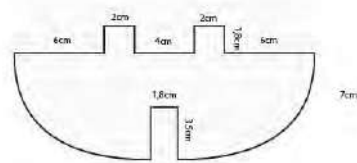
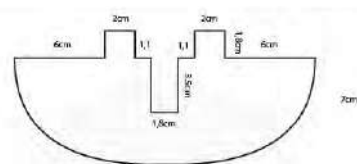
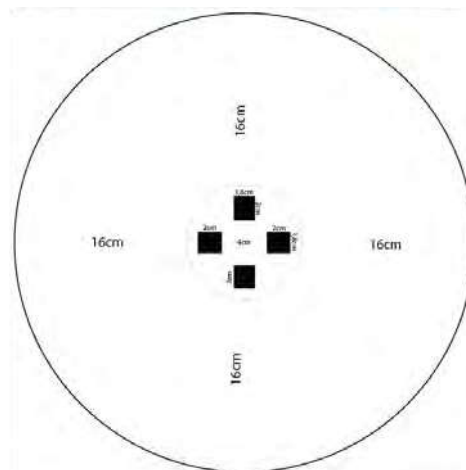
1) Resistencia: Se construyó una plataforma de madera con la capacidad de resistir hasta 100 kg por la calidad de la madera (cedro), peso que se considera justo teniendo en cuenta la población objetivo del proyecto.

2) Portabilidad: Cuenta con un peso de 2 kilos. Además tiene la opción de quitar el módulo inestable de la cara frontal para poderlo guardar o transportar fácilmente.

3) Modularidad: Cuenta con 2 tipos de módulos inestables que se pueden añadir fácilmente a la cara superior que permiten una mayor dificultad a las rutinas.

Medidas.

La base superior cuenta con un diámetro de 40 cm, lo soporta dos media luna con una altura de 8,8 cm, un largo de 20 cm y un engrane en la mitad del tamaño del grosor de la madera y de 3,5cm para que puedan calar ambas piezas.



Sensores y microcontrolador:

El sistema cuenta con una serie de sensores los cuales fueron programados independientemente y una vez realizadas las pruebas se integraron al sistema en general para que operaran de la mano con la interfaz gráfica. El giroscopio se programó usando una librería especial en el IDE de arduino, mientras que los sensores del kinect se programaron con la librería KinectPV2 especial para processing.

Diseño de pruebas de Hardware.

Para el proyecto se tiene pensado usar 2 sensores con el objetivo de validar y controlar los movimientos del usuario, en este caso para comprobar la buena ejecución del ejercicio de fisioterapia enfocado en la rodilla. Para ello usamos un giroscopio y el Kinect los cuales nos brindan buena precisión en los datos.

Instalación del giroscopio MPU- 6050.

Debido a que este componente electrónico está en constante movimiento tiene que estar bien soldados los cables a sus respectivos puertos para no tener problemas con el código ya que si se interpone la conexión entre ellos, o alguno no está haciendo contacto con el puerto, el código falla y no muestra ningún dato.



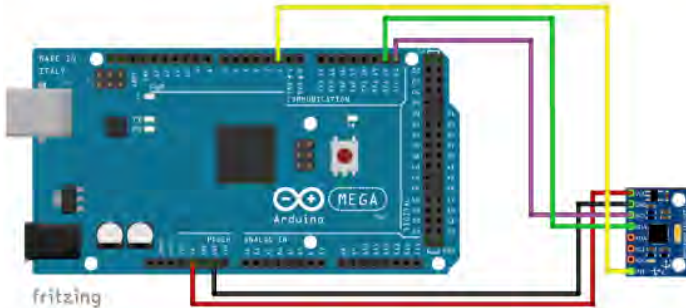
Conexión de MPU-6050 al arduino Mega.

Para la utilización del giroscopio con el arduino se necesitan de dos librerías: I2Cdev y : MPU6050 estas librerías transforman los datos en crudo del giroscopio para que puedan ser utilizados fácilmente en los proyectos, es necesario tener ambas librerías importadas en el proyecto para el correcto funcionamiento del código:

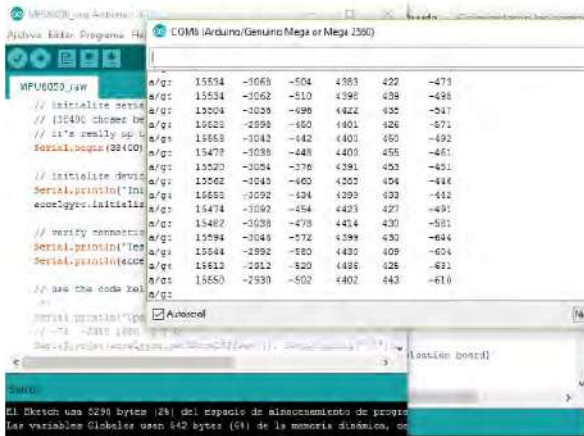
I2Cdev: <http://www.prometec.net/wp-content/uploads/2015/10/I2Cdev.zip>

MPU6050: <http://www.prometec.net/wp-content/uploads/2015/10/MPU6050.zip>

Estas librerías tienen una conexión por defecto para cada microcontrolador, en este caso se usó el arduino mega 2560, la conexión se debe hacer de la siguiente manera:



Posteriormente, para comprobar la conexión y el funcionamiento de giroscopio con el arduino, se abre un archivo de prueba que viene integrado con las librerías instaladas, este archivo imprime en consola todos los datos del giroscopio y acelerómetro. Los primeros 3 datos corresponder al x y z del giroscopio.



Conexión de arduino con processing:

Para comunicar los datos del arduino con processing se utilizó el puerto serial para transportar los datos hacia processing, se utilizó el siguiente tutorial que envía los valores x, y, z del arduino, los recibe el processing y muestra los valores en pantalla. Para una mejor representación en pantalla se ubicó un círculo que se mueve según los valores que llegan, para este caso se escogen 2 valores ya que se hace en un plano 2D.

Link del tutorial: <https://www.youtube.com/watch?v=Rtp6gENvzLI&t=8s>

Video: Prueba de giroscopio MPU-6050 con processing.

<https://www.youtube.com/watch?v=thez-JF6rHUM>

Una vez compilado el código tanto en arduino como en processing, hay que esperar unos 12 segundos para que el giroscopio se calibre y podamos trabajar con datos más precisos.

Para los requerimientos del juego, se usan los valores Row (eje x) y Pitch (eje y) para desplazar el personaje principal tanto en x como en y, el valor de Yaw que viene siendo el eje z, no se utiliza para el desarrollo de juego.

Diseño de pruebas de Software

Conexión Arduino

Después de haberse desarrollado y compilado el código de arduino, se estableció que éste imprimiría por medio del serial, las variables utilizando un String de estructura "x ,y, z".

Ahora, para la lectura de arduino se debe utilizar la librería serial que viene incluida en el core de Processing (3.01). Además todas las variables asociadas con arduino fueron encapsuladas en el método escucharArduino().

Como se muestra en el gráfico 1, Se inicializa la variable el myPort indicando por medio de Serial.list[] el puerto usb(COM) del computador donde se encuentra conectado el microcontrolador. En este caso se utilizó el COM 0. La siguiente línea, indica que la información recibida por el puerto se va a leer por cada salto de línea (\n).

```
public void escucharArduino() {
    println("Escuchando Arduino...");
    myPort = new Serial(this, Serial.list()[0], 115200);
    myPort.bufferSize(1024);
    myPort.write("x,y,z");
}

new Thread() {
    @Override
    public void run() {
        while (true) {
            if (myPort.available() > 0) {
                String data = myPort.readStringUntil('\n');
                if (data != null) {
                    String[] values = data.split(",");
                    float x = Float.parseFloat(values[0]);
                    float y = Float.parseFloat(values[1]);
                    float z = Float.parseFloat(values[2]);
                    myPort.write(x + "," + y + "," + z + "\n");
                }
            }
        }
    }
}
```

Una vez hecho esto, se debe crear el método serialEvent que se llamará cada vez que arduino envíe información. El método myPort.readStringUntil('\n') retorna el serial como una variable de tipo String que fue llamada inString.

```
public void serialEvent(Serial myPort) {
    inString = myPort.readStringUntil('\n');
}
```

El método SerialEvent al ser llamado cada vez que el controlador lo requiere, este no se encuentra sincronizado con los ciclos del draw(), por lo tanto, en el método escucharArduino() se crea un hilo para interactuar mejor con dicha variable. Se utiliza el método split() para dividir los strings de acuerdo al criterio , y posteriormente dicho String es convertido a float a través del método estático Float.parseFloat().

El arreglo valorFloat es un arreglo Float estático que contiene las posiciones x, y, z, del giroscopio y son perfectamente utilizables por el método draw() sin que haya problema alguno de sincronización.

Conexión Kinect

Para la implementación del Kinect al proyecto se utilizó la librería para processing KinectPV2. Esta librería es de código libre y toda documentación se encuentra alojada en un repositorio en Github:

<https://github.com/ThomasLengeling/KinectPV2>

Para facilitar la utilización de las variables del kinect, se creó una clase de tipo singleton llamada kinectLink en el paquete revisar (gráfico 3) que contiene todos los métodos y variables relacionadas con la implementación del kinect.



Para obtener los datos del Kinect se creó una variable KinectPV2 que se encarga de administrar dicho dispositivo en el código. Una vez inicializado se habilita la lectura de la cámara DepthImage y la del esqueleto del usuario como se muestra en las 2 líneas posteriores. Finalizado el proceso de configuración de la variable Kinect se llama el método init() para que inicie el reconocimiento de los cuerpos.

Una vez llamado el constructor se debe empezar a leer los datos del Kinect. En este caso se crea un hilo que se encargue de leer la información de cada cuerpo frente al sensor.

```

KinectLink k = new KinectPV2(LwjglLibs.getLwjgl());
k.enableDepthImage();
k.enableSkeletonMap();
k.init();

new Thread(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        while (true) {
            ArrayList<Skeleton> skeletonArray = k.getSkeletonMap();
            for (int i = 0; i < skeletonArray.size(); i++) {
                Skeleton skeleton = (Skeleton) skeletonArray.get(i);
                if (skeleton.isTracked()) {
                    joints = skeleton.getJoints();
                    k.drawState(joints, KinectPV2.kinectPV2, KinectPV2.kinectPV2);
                }
            }
            Thread.sleep(33);
        }
    }
}).start();
}
}

```

kinect.getSkeletonMap() retorna un arreglo con los esqueletos que el sensor ha detectado, posteriormente se recorre con un for las posiciones de dicho arreglo para obtener las posiciones exactas de cada nodo del cuerpo por medio del método skeleton.getJoints(). Una vez obtenido los joints estos se actualizarán por cada frame cada 33 milisegundos.

Como sabemos que en este lugar del for existen esqueletos en el sensor y si estos son detectados (isTracked()), se utiliza el método sentadilla para detectar dicha acción como se muestra en el gráfico 5.

Para la correcta detección de la sentadilla, se utilizaron cuatro nodos del cuerpo:

hip right, hip left, knee right y knee left..



La distancia en el eje y que hay entre la cadera (hip) y la rodilla (knee) determina si el usuario se encuentra realizando una sentadilla o no. Sin embargo, dada las condiciones del kinect, la distancia en la que se encuentre el usuario del sensor influenciará fuertemente dicha distancia.

Para la solución de dicho problema se concluyó que, hype left y Hype Right (variable dHype), son puntos que no se mueven del cuerpo y cuya distancia no varía, se utilizó para dividir la distancia entre la cadera y la rodilla (variable dKneeY) teniendo como resultado un índice de proporción que es constante e independiente de la distancia del usuario al sensor (variable distancia HypeRodillas).

```
private void Sentadilla(KJoint hipR, KJoint hipL, KJoint kneeR, KJoint kneeL) {
    float dKneeY = kneeR.gety() - hipL.gety();
    float dHype = dist((hipeL.getx(), hipeL.gety()), hipeR.getx(), hipeR.gety());
    distHipRodillas = dKneeY / dHype;
    bool fall = false;
    int test = 0;

    if ((distHipRodillas) < 1.7) {
        test++;
    } else {
        test--;
    }
}
```

HypeRodillas presenta un valor que fluctúa entre 2.2 y 2.5 en estado base del sujeto y presenta 1.4 y 1.7 en estado de sentadilla, el rango de variación es dado por el largo de las piernas de cada usuario. El cambio de estado fue capturado por medio de la variable sentadilla.

TIEMPOS DE EJECUCIÓN 17.2

Para el desarrollo del prototipo se implementó un cronograma compuesto por las tareas principales del sistema: Definición de modelo de recuperación con los respectivos ejercicios, definición de la interfaz gráfica, pruebas de los sensores, desarrollo del software digital, integración de sensores y pruebas de usuario. Teniendo en cuenta tareas, se realizaron subdivisiones de estas tareas y se le estimó un tiempo para cada una de ellas.

El cronograma se desarrolló con la aplicación TeamGant, la cual tiene herramientas muy intuitivas para definir los tiempos, las tareas y los responsables para cada actividad del proyecto.



Para verlo detalladamente acceder al siguiente

link: https://drive.google.com/open?id=0B6Pj1xVW_wpoOdfdfdVd-FuMzdfdfVoR3NLuf2c

EQUIPO DE TRABAJO

17.3

Para la producción del prototipo funcional se trabajó con las siguientes personas que nos aportaron tanto aspectos técnicos para aspectos conceptuales:

Adriana Rodríguez: Fisioterapeuta profesional graduada de la universidad del valle, trabaja en la universidad icesi y en su consultorio privado con atendiendo pacientes en rehabilitación por

lesiones deportivas en rodilla. Adriana nos orientó en cuanto al modelo de recuperación a seguir, con ella se definió el protocolo aplicado en el sistema, el cual es un compuesto de tres variables básicas de recuperación; ángulo de flexión, dolor y fuerza. Adicionalmente, conjunto con Adriana se establecieron los ejercicios a implementar, las repeticiones y series necesarias para distribuir las en los tres niveles de recuperación.

Felipe Vergara: Tutor asignado para el proceso de proyecto de grado 2. Nos aportó muchos aspectos de experiencia de usuario, navegación, arquitectura de información y funcionalidad con el fin de que el sistema fuera de fácil entendimiento y se presenta información clara a los usuarios.

Para la producción de la tabla inestable se trabajó en conjunto a compañeros de diseño industrial de la universidad icesi, quienes colaboraron en el proceso de diseño de la tabla y a nivel de producción se trabajó con un carpintero a quien le pasamos las medidas exactas requeridas para la table.

Por último, para las pruebas de usuario se trabajó con pacientes de la fisioterapeuta Adriana Rodríguez en su consultorio privado, estas pruebas iniciales se llevaron a cabo con cinco personas , todas con lesiones de rodilla y dentro de nuestra población objetivo (18 - 25).

VIABILIDAD ECONÓMICA

18

MoveOn está pensado para ser usado por centros de fisioterapia que proporcionen todos los equipos relacionados con este a sus pacientes con lesiones de rodilla, con el fin de continuar su rehabilitación en casa. Para los costos de producción hay que tener en cuenta que MoveOn maneja tanto piezas digitales como piezas físicas.

El presupuesto real para realizar MoveOn es de \$23.100.000, ver con mas detalle en la página 49.

Para el presupuesto y alcance del proyecto a nivel de prototipado se creará una plataforma modular, con elementos externos de seguridad, y una plataforma digital donde se muestran las rutinas y juegos. Adicionalmente también se debe tener en cuenta la mano de obra que se implementó para la construcción de la tabla. Es por esto que el costo del proyecto a nivel de prototipo es de \$523.000. Ver con mas detalle en la página 50.

Actividad	Producto	Precio	Cantidad	Total
Costo de producción	Plástico	400.000	1	400.000
	Apoyos laterales (metal)	100.000	2	200.000
	Kinect	180.000	1	180.000
	Placa de circuito impreso	125.000	1	125.000
	Batería	100.000	1	100.000
	Antideslizante	40.000	1	40.000
	Otros	28.000	1	28.000
	Microprocesador	20.000	1	20.000
	Giroscopio	18.000	1	18.000
	Módulo Wifi	25.000	1	25.000
	Pintura	15.000	1	15.000
	Cables	150	20	3.000
	Resistencias	100	20	2.000
	Mano de Obra x hora	10.000	192	1.920.000
Subtotal				3.076.000
Salarios	Diseñador	2.788.000	1	2.788.000
	Desarrollador	2.788.000	1	2.788.000
	Mercadeo	2.788.000	1	2.788.000
	Asesoría Contable	580.000	1	580.000
	Asesoría Legal	580.000	1	580.000
Subtotal				9.524.000
Gastos	Servicios	0	0	0
	Equipos	3.500.000	3	10.500.000
Subtotal				10.500.000
Total				23.100.000

Actividad	Producto	Precio	Cantidad	Total
Costo de producción	Arduino Mega	65.000	1	65.000
	Cinta Antideslizante	44.000	1	44.000
	Apoyos Laterales	12.000	2	24.000
	Giroscopio	18.000	1	18.000
	Cedro	15.000	1	15.000
	Pinturas	10.000	1	10.000
	Papel Contac	1.500	2	3.000
	Cables	150	20	3.000
	Resistencias	100	20	2.000
	Mano de Obra	55.000	1	55.000
Subtotal				493.000
Gastos	Transporte	30.000	1	30.000
Subtotal				30.000
Total				523.000

Asociaciones Claves	Actividades Claves	Propuesta de valor	Relaciones con clientes	Segmento del mercado
+Centros de rehabilitación Física. +Entidades que tenga un centro de fisioterapia. + Hospitales	+Análisis de datos y progreso del paciente. +Rutinas Interactivas. +Relación de datos con el medico.	+Nuevas alternativas de rutinas, pasando de una rutina tradicional a una rutina interactiva. +Relación de los datos del paciente con el medico. +Plataforma con diferentes módulos. +Rutinas personalizadas	+Análisis de datos de las principales variables de la recuperación +Soporte técnico +Capacitaciones de uso	Centros de rehabilitación física o fisioterapéuticos que estén interesados en implementar esta nueva experiencia en la rehabilitación y de esta manera aumentar la adherencia al tratamiento de los pacientes
	Recursos Claves		Canales	
	+Elementos físicos: Tabla inestables, pantallas digitales. +Personal de trabajo. +Base de Datos.		+Publicaciones en revistas médicas + Exposiciones en eventos, médicos y deportivos +Contacto directo con los centros de rehabilitación	
Estructura de costos			Flujo de Ingresos	
+Manufactura de los aparatos físicos +Mantenimiento de la plataforma inestable +Mantenimiento de elementos de seguridad			Tipo de ingreso: Ventas por unidades. Precios fijos: Inversionistas	

ESTRATEGIA DE MERCADO 18.4

MoveOn visitará diferentes espacios de rehabilitación física para dar conocer el proyecto, que ofrece y cuales son sus principales servicios, así como en la elaboración de videos promocionales mostrando todas las ventajas y características de MoveOn. A los interesados se les explicará la secuencia de uso de la plataforma digital, así mismo el centro de rehabilitación debe capacitarse para ayudar a los usuarios a instalar la plataforma en casa y explicarles con detalle el proceso de rehabilitación en casa. También se le brindara al centro de rehabilitación el acceso un servidor en el cual el centro pueda subir toda la base de datos de los pacientes.

Al finalizar la capacitación y entrega de equipos MoveOn en un periodo de 4 meses hará un seguimiento de la correcta ejecución de cada uno de los equipos que se entregaron, como capacitaciones extras, y mantenimiento de los elementos físicos.

PRUEBAS DE USUARIO 19

DISEÑO DE PRUEBAS 19.1

Para las pruebas de usuario, hemos tenido en cuenta que debemos contrastar la eficacia de nuestra herramienta con la fisioterapia tradicional. Nuestros usuarios de prueba son personas entre los 18 y 25 que han tenido lesiones de rodilla o que actualmente la tienen.

Para ello, se planeó una secuencia a seguir:

1) Instrucciones sobre el proyecto

Se presentará el proyecto a los usuarios que harán las pruebas, esta parte consiste en:

- Exponer el objetivo principal y la hipótesis.
- Explicar las actividades que se realizarán.
- Mencionar los datos que se analizarán en los resultados.

2. Consentimiento informado

Seguidamente, al concluir con la fase de las instrucciones sobre el proyecto, se les dará a cada uno de los participantes dos copias del

consentimiento informado para que lo lean, firmen ambas y nos devuelvan la otra como prueba.

Consentimiento Informado

Yo _____ declaro conocer los objetivos del ejercicio que será realizado en el marco de la asignatura "Ambientes inteligentes" de la Universidad Icesi, el cual tiene como objetivo aumentar y mejorar la adherencia de tratamientos fisioterapéuticos localizados en la rodilla por medio de un ambiente interactivo. El trabajo a realizar gira alrededor de pruebas de usuario en pos de la evaluación de nuevas presentaciones de los ejercicios necesarios para recuperarse adecuadamente, frente a los tratamientos de rehabilitación de la fisioterapia tradicional.

Acepto voluntariamente ser parte de esta propuesta de investigación, al declarar que he sido informado de las responsabilidades de los estudiantes a cargo de las pruebas, quiénes se comprometen a preservar mi identidad mediante el uso de seudónimos o al omitir mis datos personales en caso de que yo lo considere pertinente.

Comprendo que conservo el derecho a retirarme de la entrevista en el momento que yo lo considere conveniente, así como a no responder a las preguntas si no deseo hacerlo. Los encargados me han dado garantías de que protegerán la

confidencialidad de mis datos personales y harán buen uso de las opiniones que compartí durante el ejercicio.

Firma del participante

3. Hacer ejercicios tradicionales

Para los ejercicios tradicionales, se dividieron en 3 etapas: inicial, intermedio y avanzada.

Fig. 3. Ejercicios progresivos de fortalecimiento muscular y propiocepción



Fig. 4. Ejercicios progresivos de fortalecimiento muscular, estabilidad y propiocepción



4. Instrucciones de uso del prototipo

El usuario será informado acerca del uso de los aparatos, teniendo en cuenta los ejercicios que realizará, estos están divididos por fases.

5. Usar el prototipo

Se harán de 3 a 5 pruebas por personas para medir el rendimiento y destreza de los diferentes usuarios, y así poder sacar datos más verídicos para posteriormente analizarlos.

6. Test de la Nasa

Utilizaremos la escala de la NASA para medir el índice de carga de tareas y así comprobar qué tan demandantes son las actividades propuestas por nosotros, frente las rutinarias; entre las áreas que evaluaremos están: mental, física, temporal, esfuerzo y frustración.

Demanda mental	
Low	High
Demanda física	
Low	High
Demanda temporal	
Low	High

Rendimiento	
Low	High
Esfuerzo	
Low	High
Frustración	
Low	High

7. Preguntar: ¿Se siente usted más motivado?

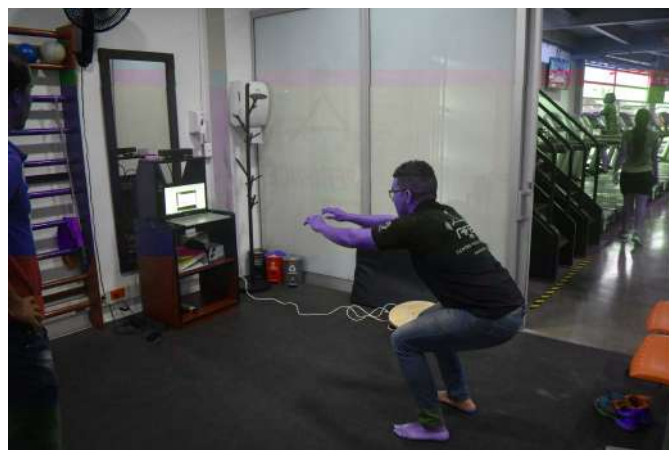
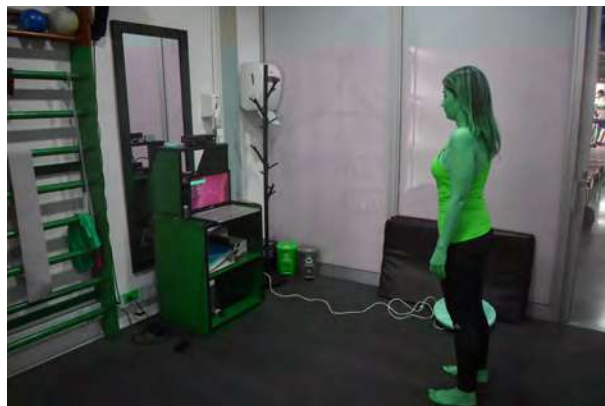
Se le preguntará al usuario sobre cómo fue su experiencia utilizando el prototipo frente a los ejercicios de la terapia tradicional que realizó anteriormente.

PRIMERA ETAPA DE PRUEBAS 19.2

Las primeras pruebas de usuario con el prototipo mínimo viable se realizaron en el consultorio de Adriana Ramos, nuestra tutora en el área de fisioterapia y deporte. El consultorio queda ubicado dentro del gimnasio AFE sede de la hacienda, donde recibe varios pacientes por lesiones deportivas y la mayoría de ellos por problemas de rodilla. Esta primera prueba se llevó a cabo el 1 de Noviembre con seis pacientes entre los 18 y 30 años de edad con lesiones que comprenden

desgarro de meniscos (2 personas) , esguince de rodilla (2 personas), rotura de ligamento cruzado anterior y condromalacia patelar.

Cada unas de las pruebas de usuario se hizo con la dinámica mencionada anteriormente en diseño de las pruebas de usuario, tuvieron una duración de 20 minutos cada una teniendo en cuenta que se le daban 3 o cuatros oportunidades a cada persona para utilizar el prototipo para que pudieran adaptarse de mejor manera y así poder obtener datos y resultados más precisos.



RESULTADOS

PRIMERA PRUEBA

19.3

Resultados Cuantitativos con el test.

Se hizo la comparación de las 6 dimensiones de la experiencia que mide las pruebas Nasa TLX, demanda mental, física, temporal, rendimiento, esfuerzo y frustración, con la experiencia de fisioterapia tradicional y la experiencia propuesta con el prototipo.

Se obtuvo un porcentaje mayor (mayor cantidad de personas) que considero mayor carga de trabajo en cada una de las dimensiones en diferentes proporciones. En primer lugar, la cantidad de tareas que pedía el prototipo MoveOn al usuario era mucho mayor ya que aparte de realizar los ejercicios, el usuario debía mantener todo el tiempo su equilibrio y seguir con las dinámicas del juego, mientras que en las pruebas tradicionales solo se les pedía hacer un ejercicio propio de recuperación de rodilla. Este aspecto produjo un alto índice en todas las dimensiones de experiencia, lo cual en alguno de ellos es bueno y se debe mantener así o mejorar, pero hay otros que deben bajar sus índices para que no sea una experiencia tan demandante para el usuario y se pueda sentir más cómodo con el uso de ella. El análisis de cada una de las variables se llevó a cabo con la fisioterapeuta Adriana Ramos y se llegaron a las siguientes conclusiones.

- Todas las personas consideraron tener mayor

carga de demanda física y de esfuerzo con el prototipo lo cual es un indicativo bueno ya que se busca exigir en mayor medida al usuario para fortalecer los músculos que rodean la rodilla.

- En cuanto a la demanda temporal el 83% de las personas consideraron una mayor carga al tener que realizar tareas simultáneas, valor que se considera bueno ya que se busca una propuesta atractiva que le permita al usuario realizar acciones e interacciones fuera de la comun sin la intención de abusar de ellas y perder el sentido de la recuperación de rodilla.

- En cuanto al rendimiento, el 66% de las personas considero tener un mejor rendimiento con el uso del prototipo, aspecto que se desea mejorar mediante la integración de mayor

retroalimentación para que el paciente conozca los logros cumplidos y su rendimiento en la rutina. En las pruebas de fisioterapia tradicional eran ejercicios básicos de fácil ejecución, por tal razón los pacientes sentían un rendimiento alto en esta experiencia.

- Finalmente la carga de demanda mental y de frustración se consideran de impacto negativo por sus altos índices, lo cual indica que los usuarios se sienten presionados, inseguros, estresados al usuario el prototipo y fuerzan al usuario a estar en un estado de tensión al implicar tanta carga mental. Se considero como principal factor el diseño de la tabla y la inseguridad que produce usarla, para tal inconveniente se propuso

en trabajar en aspectos de seguridad como tutoriales que indiquen la subida / bajada de la tabla implementar bastones para que los usuarios tuvieran un apoyo fijo al usar la plataforma.

Resultados cualitativos:

- En cuanto a la interfaz gráfica los usuarios la consideran de fácil entendimiento y cómoda navegación, nos aconsejaron implementar mayor retroalimentación para la correcta ejecución de los ejercicios y más información sobre la lesión del paciente.

- En cuanto a las dinámicas del juego nos hicieron énfasis en dejar más tiempo las instrucciones a realizar ya que desaparecen muy rápido y muchas veces quedaban con la duda de qué ejercicio realizar.

- Finalmente nos comentaron en implementar mas instrucciones de como usar la tabla, indicar su correcta orientación e implementar aspectos de seguridad.

SEGUNDA ETAPA DE PRUEBAS

19.4

Luego de realizar cambios en las dinámicas del juego y mejorar aspectos de seguridad de la plataforma al implementar bastones de seguridad y mostrar videos tutoriales que explican detalladamente como usar la tabla se realizó una segunda etapa de pruebas de usuario, esta vez

se llevó a cabo en las instalaciones de la universidad Icesi con 5 estudiantes que presentaban lesiones de rodilla: dos por esguince de rodilla, dos por ligamento cruzado anterior y uno por luxación de rodilla.

En cuanto a la dinámicas de las pruebas se realizó igual que las anteriores, siguiendo el diseño de las pruebas de usuario. Además también se tenía como objetivo evaluar los servicios de muestra del progreso del paciente y valoración a distancia por el médico.



RESULTADOS SEGUNDA PRUEBA

19.5

En esta segunda ocasión también se obtuvo mayores porcentajes de carga en cada una de las dimensiones de experiencia presentando variaciones que se analizaron de nuevo junto con la tutora de fisioterapia deportiva:

- Se logró disminuir los porcentajes de demanda mental y física al ofrecerle al usuario unos bastones para sentir mayor seguridad y confianza al usar la plataforma y videos tutoriales que expliquen como subirse correctamente. Sin embargo se sigue presentando un índice elevado del 60% de personas con mayor carga de frustración aspecto que se debe trabajar para ofrecer un producto que cause el mínimo impacto de inseguridad y sea atractivo para usarlo.

El hecho de usar una herramienta externa para realizar la rehabilitación que en este caso es la plataforma requiere un proceso de adaptación para que el usuario se sienta con total seguridad para usarla, sin embargo el costo de carga que implica adaptarse a la tabla es muy bajo para disfrutar de todos los servicios que ofrece la propuesta de rehabilitación interactiva. Para ello se sigue trabajando en aspectos de seguridad como usar la plataforma sobre una superficies rugosa como un tapete o una colchoneta que permite un mejor control de ella.

- En cuanto a las demás dimensiones no se obtuvieron muchas variaciones en sus porcentajes. Sin embargo, cabe resaltar que la demanda temporal sigue siendo un poco alta por la cantidad de tareas simultáneas que se le pide al paciente, por tal motivo se realizaron cambios en los tiempos de tareas para que puedan ejecutar máximo dos tareas de coordinación física al mismo tiempo por ejemplo: mantener el equilibrio y realizar sentadillas.

CONCLUSIONES

20

- El sistema genera una implicación más activa del paciente al realizar rutinas dinámicas: Todos los personas que hicieron parte de las pruebas de usuario consideraron que es una forma más entretenida de recuperarse y su interés por realizar la recuperación por medio de la rehabilitación interactiva fue mayor a realizarlas de forma tradicional ya que se genera un vínculo entretenido entre el paciente y su progreso de recuperación y la posibilidad de divertirse mientras se recupera de la lesión que sufre.

- El diseño de la interfaz fue muy llamativo para los usuarios, la mayoría consideró que es de fácil navegación y comprensión, las rutinas estaban bien distribuidas en cuanto a la complejidad de los ejercicios y el juego les pareció muy apropiado y en sincronía con los movimientos de los

ejercicios de recuperación.

- Teniendo en cuenta el alcance del proyecto y el tiempo estimado de desarrollo se pudo cumplir en la medida posible con todos los determinantes del proyecto: implementación de ejercicios propioceptivos, muestra del progreso del paciente y análisis de datos, retroalimentación de los ejercicios, portabilidad y vínculo a distancia con el médico.

- Los usuarios consideraron que la comunicación paciente - médico es muy práctica para obtener la valoración de la rutina a distancia: este servicio fue muy llamativo para los usuarios ya que permite una valoración más inmediata del rendimiento del paciente sin tener que desplazarse a un centro de rehabilitación para poder saber su valoración del rendimiento o el proceso de recuperación.

A FUTURO

21

- Aumentar la ergonomía del proyecto: incrementar el tamaño de la plataforma, implementando sistemas para ayudar a posicionarse en ella y crear un sistema de retroalimentación en donde le indique al usuario que está bien posicionado en la plataforma, este último para evitar riesgos como lesiones por malas posturas.

- Aumentar la cantidad de ejercicios a realizar utilizando nuevos juegos y metodologías que motiven y ayuden a los usuarios a sentirse más comprometidos con su proceso de rehabilitación.

- Incluir otras articulaciones lesionadas como el tobillo que también presenta altos índices de lesión.

- Mejorar el proceso de adaptación a la tabla inestable, mediante cambios en la estructura como tal de la tabla al implementar variaciones en los ángulos de inclinación y en la altura.

- Reemplazar el cable de la conexión de la tabla por un módulo wifi que gestione los datos del giroscopio de la misma manera y con la ventaja de poder transportarla fácilmente.

- Implementar materiales más resistentes y duraderos para la plataforma inestable.

- Escalar el proyecto lo suficiente como para poder usarse sin la intervención de un fisioterapeuta. En este caso, tendría que modificarse el modelo de negocio ya que los clientes no serán los centros de rehabilitación sino directamente los pacientes lesionados. Para ello el sistema se tendría que alimentar de los suficientes datos médicos y ergonómicos para que el mismo sistema pueda controlar toda la rehabilitación del paciente conservando la característica de retroalimentación a distancia por un deportólogo o fisioterapeuta.

Redacción de el País (2014, 14 de Diciembre). Por qué se 'rompen' (tanto) los deportistas de élite. Recuperado de:

http://elpais.com/elpais/2014/12/11/buenavida/1418307535_704346.html

Simon Sanchez (2015, 8 de Agosto). Fisioterapia Qué es, para qué sirve, contraindicaciones. Recuperado de:

<http://www.biensano.com/articulos/problemas-enfermedades-tratan-fisioterapia>

Daniel Wappenstein (2017) ¿Cuándo, cómo y porqué se lesionan? Recuperado de:

http://www.vidactiva.com.ec/1280hombres_deportistas_/

Lina Maria Tapias (2014).Factores individuales que influyen en la adherencia al tratamiento fisioterapéutico. Una revisión del tema. Recuperado de:

<http://revistas.ces.edu.co/index.php/movimientoysalud/article/viewFile/2969/pdf>

Ferro García (2015). Un análisis de la adherencia al tratamiento en fisioterapia. Recuperado de:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S021156380473120X>

Zurita Ortega, (2015). RELACIONES ENTRE LESIONES DEPORTIVAS Y PARÁMETROS DE NIVEL, FASE Y MODALIDAD DEPORTIVA. Recuperado de:

http://www.journalshr.com/papers/Vol%207_N%203/V07_3_5.pdf

Moreno Pascual (2010). Epidemiología de las lesiones deportivas. Recuperado de:

<http://www.elsevier.es/es-revista-fisioterapia-146-articulo-epidemiologia-las-lesiones-deportivas-So211563808729547>

Universidad Autonoma de Barcelona (2016). La industria deportiva y su crecimiento en Internet. Recuperado de:

<http://rrppmaster.uab.es/la-industria-deportiva-y-su-crecimiento-en-internet/>

Rosendo Berengüí, Francisco J. Ortín, Enrique J. Garcés de Los Fayos y María D. Hidalgo. (2017). PERSONALIDAD Y LESIONES EN EL ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO EN MODALIDADES INDIVIDUALES. Recuperado de:

<http://nebulosa.icesi.edu.co:2517/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=8a03606d-258b-40ce-943b-29b79494cd44%40sessionmgr101&vid=1&hid=128>

Víctor J. Rubio, Constanza Pujáis, Ricardo de la Vega, David Aguado y José Manuel Hernández. Autoeficacia y lesiones deportivas: ¿factor protector o de riesgo? (2014). Recuperado de:

<http://nebulosa.icesi.edu.co:2517/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=40338f74-5b2e-4fd2-b723-b8239772bac4%40sessionmgr102>

Jorge Jaime Márquez Arabia, Gustavo Ramón Suárez, Cristian Quiceno Noguera (2015). recuperado de:

<http://nebulosa.icesi.edu.co:2517/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=f336d783-8987-4ce0-b819-9063781429c8%40sessionmgr101&vid=1&hid=128>

Rodrigo Alonso (2015). Introducción a las instalaciones interactivas. recuperado de:

http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/archivos/523_libro.pdf

Rosendo Berengüí, Francisco J. Ortín, Enrique J. Garcés de Los Fayos y María D. Hidalgo. (2017). Características psicológicas asociadas a la incidencia de lesiones en deportistas de modalidades individuales.

Recuperado de:

<http://nebulosa.icesi.edu.co:2517/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=7219daba-3ba4-408d-be04-b3800b318715%40sessionmgr101&vid=1&hid=128>

Diana Coello-Talavera, Noelia Rojas-Motta. (2014). Abandono del tratamiento fisioterapéutico en Latinoamérica: una necesidad de investigación y acción. Recuperado de:

<http://nebulosa.icesi.edu.co:2516/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=be127d7a-be87-4b99-b839-ea6ee2694b35%40sessionmgr4007&vid=5&hid=4109>

Rahman, Mufizur et al. n.d. "GEAR: A Mobile Game-Assisted Rehabilitation System." Retrieved March 4, 2017

(<https://nebulosa.icesi.edu.co:2258/csdl/proceedings/ichi/2016/6117/00/6117a511.pdf>).

Huang, Ming-Chun et al. n.d. "Intelligent Frozen Shoulder Rehabilitation." Retrieved March 4, 2017 (<https://nebulosa.icesi.edu.co:2258/cSDL/mags/ex/2014/03/mex2014030022.pdf>).

Uttarwar, Param and Deepak Mishra. 2015. "Development of a Kinect-Based Physical Rehabilitation System." Retrieved March 4, 2017 (<https://nebulosa.icesi.edu.co:2258/cSDL/proceedings/iciip/2015/0148/00/07414802.pdf>).

Rossi, Gustavo. 2017. "IT IN EmErglNg markETs User Experience in Service Design." Retrieved March 4, 2017 (<https://nebulosa.icesi.edu.co:2258/cSDL/mags/it/2017/01/mit2017010056.pdf>).

Estado del arte:

KineAssist <http://www.hdtglobal.com/product/kineassist/>

Riablo <http://www.corehab.it/riablo>

RespondWell <http://www.respondwell.com/>

VRPhysio <http://www.vrphysio.com/>

Hunova <https://www.iit.it/it/linee/rehab-technologies-inail-iit-lab>