

Reh-arcade: juego serio como apoyo a las terapias de rehabilitación de codo

Javier Borja-López, Pedro C. Santana-Mancilla, Fabian Batista-Delgado

Ignacio Ruíz-Ramírez, Saraí Monserrat Urzúa-Álvarez

IHCLab, Facultad de Telemática, Universidad de Colima

Colima, Colima, México

{javierborjalopez, psantana, fbatista0, ignacio_ruiz, sarai_urzua}@ucol.mx

Resumen—El uso de tecnología en rehabilitación física ha demostrado ser un buen apoyo para las personas que acaban de pasar por un proceso que requiere realizar terapias para recuperar la movilidad de su cuerpo. Este trabajo presenta el diseño y evaluación de un prototipo de un juego serio que sirva de apoyo en el proceso de realizar terapias de rehabilitación en lesiones de codo. Se apoya de una codera con una serie de sensores de movimiento y posición para analizar el proceso de realización de los ejercicios en las terapias de rehabilitación. Se evaluó la usabilidad del prototipo obteniendo resultados muy favorables.

Palabras clave—Juegos serios; rehabilitación; usabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, el porcentaje de abandono de rehabilitación de diversas lesiones es bastante alto, y este problema es causado principalmente por el hecho de no tener al alcance un sistema itinerante y de bajo costo que sea accesible a un considerable número de personas en situación de rehabilitación y que no implique el traslado a grandes unidades o centro hospitalarios para llevar a cabo el proceso; si no que pueda llevarse literalmente a casa. Utilizar tecnologías en el proceso de rehabilitación puede ser una forma de contrarrestar este problema y puede hacerse amigable a través de interfaces divertidas y funcionales.

Las denominadas tecnologías en rehabilitación son parte de las estrategias que facilitan la integración de las personas en situaciones de discapacidad. Su comprensión demanda aproximaciones conceptuales básicas sobre tecnología, ingeniería y salud, puesto que estos campos confluyen en su área de estudio [1].

Esta investigación concierne al diseño de juegos serios como apoyo a las terapias de rehabilitación, específicamente para lesiones de codo.

En este artículo se describe Reh-arcade, una propuesta de juego serio diseñado para ser usado en tabletas electrónicas, con el propósito de apoyar en el proceso de rehabilitación en pacientes que se encuentran recuperándose de alguna lesión de codo. Para la interacción del usuario con la aplicación se hace uso de un dispositivo vestible (*wearable*) basado en el diseño de una codera, encargada de capturar la información del paciente. Dicha información es enviada a la tableta que contiene el juego, mediante una conexión bluetooth.

Es importante destacar que se realizó una evaluación preliminar para medir la usabilidad del prototipo. El objetivo de esta prueba es comprobar si la propuesta será aceptada de manera satisfactoria en la rehabilitación de los usuarios con lesiones en el codo.

El resto del artículo está organizado como sigue. En la sección II se revisan los trabajos relacionados con esta investigación; en la sección III se realiza un estudio del problema; en la sección IV se detalla la descripción del software y hardware de Reh-arcade; en la sección V se presenta una evaluación preliminar del prototipo; y por último en la sección VI se discuten las conclusiones y perspectivas de este trabajo.

II. ESTUDIO DEL PROBLEMA

Para conocer acerca del contexto del problema que abordamos, se realizó una entrevista con el coordinador del Centro de Rehabilitación y Educación Especial (CREE) en la capital del Estado de Colima. Como resultado de la entrevista encontramos que las lesiones de codos son las más comunes en niños y jóvenes, mientras que las de muñecas eran más propensas en los adultos. En cuanto a los ejercicios de rehabilitación se dividen en 2: pasivos, donde la misma persona mueve y realiza flexiones en el área afectada, y activos, cuando los movimientos son apoyados por otras personas. Se observó que en algunas rutinas de ejercicios para rehabilitación de codo, los movimientos que se requieren para recuperar la capacidad normal del brazo son aquellos en los que se tenga que realizar estiramientos, flexiones y rotaciones. Con el análisis de estos datos, nos centramos en la rehabilitación de lesiones en el codo que es la más común en jóvenes y niños, a quienes pretendemos apoyar en su recuperación con nuestro proyecto.

III. TRABAJOS RELACIONADOS

A. Rehabilitación física

Se entiende por rehabilitación a la aplicación coordinada de un conjunto de medidas médicas, sociales, educativas y profesionales para preparar o readaptar al individuo con el objetivo de que alcance la mayor proporción posible de capacidad funcional. La rehabilitación médica es la parte de la asistencia médica que trata de desarrollar las capacidades funcionales y psicológicas del individuo y, si es preciso, sus

mecanismos de compensación, a fin de permitirle llevar una existencia autónoma y activa [2].

La falta de continuidad en la fisioterapia es un problema que afecta al 65% de pacientes que se encuentran en proceso de rehabilitación, siendo éstos desapegados totalmente o parcialmente a sus programas de rehabilitación. Aproximadamente el 10% de los pacientes no completan sus rutinas de rehabilitación para el hogar. Un problema al que se enfrentan frecuentemente los fisioterapeutas es que los pacientes pueden no recuperarse de su lesión a pesar de que no exista ninguna base patológica aparente para el mal resultado. El grado en que los pacientes se apeguen a los requisitos terapéuticos es considerado como responsable de gran parte del éxito de la rehabilitación. [3]

B. Rehabilitación con ambiente virtual

Abundan las investigaciones que muestran el valor de los ambientes virtuales para la rehabilitación, existe una cantidad impresionante de literatura que demuestra su eficiencia y valor terapéutico. Hasta hace poco el costo de los ambientes virtuales había sido una barrera para su aceptación fuera de las universidades. Ha surgido una nueva generación de tecnología, basada en mundos sociales virtuales adicionados con interfaces naturales de usuario como lo es el sistema Kinect [4]. Algunos ejemplos son:

Stroke Recovery with Kinect. Stroke Recovery con Kinect es un prototipo de un sistema rehabilitador interactivo que ayuda a los pacientes a incrementar su función motora de sus extremidades superiores desde la comodidad de su casa. Utilizando tecnología de Microsoft Kinect, el prototipo reconoce e interpreta los gestos del usuario, evalúa su progreso en la rehabilitación, y ajusta el nivel de dificultad para las siguientes sesiones terapéuticas. [5]

VirtualRehab es un sistema que permite el tratamiento de diferentes funciones para distintos tipos de patologías como lo son: Neurodegenerativas (esclerosis múltiple, Parkinson, Alzheimer), Desórdenes Neuromusculares (Distrofias), Desórdenes Neurovasculares (Infartos cerebrales), y pérdida de movilidad en los adultos. VirtualRehab usa captura del movimiento corporal con tecnología de Microsoft. Cada sesión se registra utilizando Microsoft Azure, una plataforma basada en la nube que permite a los pacientes completar la terapia bajo la supervisión de su especialista, indiferentemente de si se está en un centro especialista o en casa. [6]

Cyberdyne HAL (Hybrid Assistive Limb) es un robot tipo cyborg, con el cual las funciones límbicas del humano pueden ser modificadas, aumentadas y soportadas. El robot se acopla al cuerpo del paciente y realiza su funcionamiento, el cual consiste en 5 puntos. Primero el usuario piensa en la acción que desea efectuar. Después se transmite la señal por el sistema nervioso del usuario. En seguida HAL lee la señal con sensores colocados sobre la piel del usuario y luego efectúa el movimiento deseado. Por último se produce retroalimentación natural del movimiento conseguido y el cerebro del usuario aprende a utilizar a HAL. [7]

IV. REH-ARCADE: JUEGO SERIO PARA REHABILITACIÓN DE LESIONES DE CODO

A. Descripción del videojuego

Reh-arcade es un juego serio basado en la investigación y documentación acerca de terapias para la rehabilitación de codo. Para jugar reh-arcade se propone la creación de un dispositivo vestible que en conjunto con el juego desarrollado para una tableta con sistema operativo Android apoyarán al proceso de rehabilitación de los usuarios que hayan sufrido una lesión en su codo. Más específicamente la propuesta plantea que el usuario utilice una codera (ver Fig. 1) con una serie de sensores de movimiento y posición, los datos obtenidos por este dispositivo serán enviados a través de conexión bluetooth a la tableta que pondrá a disposición del usuario una serie de mini-juegos, de manera que el usuario tenga que completarlos para concluir satisfactoriamente con su proceso de rehabilitación.



Fig. 1. Codera para el videojuego Reh-arcade.

B. Características del videojuego

Cuando se inicia el juego se mostrará la pantalla principal del software donde aparecerá el título con animaciones referentes a los juegos y a la rehabilitación. Las opciones con las que contará el menú principal son:

- **Jugar:** En esta opción se encontrará el menú de los juegos disponibles donde será visible el porcentaje completado de cada juego.
- **Opciones:** Se mostrará al usuario una lista de las configuraciones que podrá realizar al sistema.
- **Ayuda:** Se mostrará al usuario toda la información necesaria para entender cada una de las actividades de los juegos.

Después que el usuario tenga puesta la codera el software dispondrá de una variedad de juegos que constan de rutinas de ejercicios para la rehabilitación del codo. Estos videojuegos son:

Nivelación de un avión: El juego consiste en un pequeño avión que se inclinará a la derecha o a la izquierda aleatoriamente. El brazo estará estirado hacia el frente, el objetivo para el usuario es girar su brazo hacia la posición contraria a la que se incline el avión para dejarlo equilibrado correctamente (ver Fig. 2).



Fig. 2. Pantalla del videojuego “Nivelación de un avión”.

Esquivar obstáculos: En este juego el usuario deberá controlar un helicóptero que podrá elevarse y descender para evadir una serie de obstáculos que irán apareciendo en la pantalla ya sea por aire o por tierra. El usuario deberá hacer flexiones con su brazo hacia arriba o hacia abajo para mover el helicóptero (ver Fig. 3).



Fig. 3. Pantalla del videojuego “Esquivar obstáculos”.

Ve de pesca: El objetivo de este juego es lanzar la caña al lago flexionando su brazo hacia adelante para atrapar un pez y luego volver el brazo hacia atrás para sacar el pez del lago.

Malabares: En la pantalla del sistema aparecerán una mano virtual y una pelota en ella. El objetivo para el usuario será lanzarla hacia arriba mediante la flexión de su brazo para después intentar atraparla de nuevo.

La Fig. 4 muestra la descripción gráfica de cada uno de los movimientos que debe realizar el jugador en cada etapa de los juegos.

VIDEOJUEGO				
Posición y Movimientos	"Nivelación de un avión"	"Esquivar obstáculos"	"Ve de Pesca"	"Malabares"
Posición de inicio				
Posición de arranque				
Movimientos durante el juego				

Fig. 4. Tabla de movimientos para los juegos de Reh-arcade.

El sistema recopilará datos sobre el porcentaje de avance de cada juego y el número de intentos realizados, así como también estadísticas sobre ciertos aspectos referentes al ejercicio hecho con el brazo como la fuerza con la que se realizan los ejercicios, la velocidad con la que se mueve el brazo, la tensión al momento estirar el brazo o flexionarlo.

V. EVALUACIÓN PRELIMINAR

En esta sección se presentan la evaluación preliminar realizada para medir la aceptación y facilidad con que se utilizaría el juego serio propuesto.

El universo de personas que participaron en la evaluación de usabilidad corresponde a alumnos de licenciatura de la Facultad de Telemática de la Universidad de Colima seleccionados al azar quienes colaboraron de manera voluntaria. Este universo de personas está conformado por 4 hombres y una 1 mujer, representando un 80 % los hombres y un 20 % las mujeres de un total de 5 participantes, cantidad suficiente para realizar pruebas de usabilidad preliminares según [8] y de los cuales ninguno había realizado la prueba de usabilidad a sistemas de rehabilitación de codo por lo tanto no tienen una opinión previa ni prejuicios en cuanto a sistemas de ésta índole.

Las pruebas se realizaron con el prototipo de baja fidelidad conformado de una codera y dos pantallas que simulaban los videojuegos *nivelación de avión* y *esquivar obstáculos*. Los juegos simulaban actividades de rehabilitación de codo y cada uno fue representado con una pantalla que podía “avanzar” el escenario, creando una ilusión más real del comportamiento del juego. El avance de las pantallas fue controlado por un compañero de esta investigación, mientras las acciones de los objetos “controlados” por los participantes en las pruebas fueron manipuladas por otro miembro. Los participantes de dichas pruebas interactuaron con cada uno de los juegos aproximadamente de 5 a 6 minutos. Por lo tanto las pruebas de cada usuario duraron un aproximado de 10 a 12 minutos además de la explicación del prototipo y de los instrumentos de evaluación.

Posteriormente a las pruebas con el prototipo de baja fidelidad se aplicaron los siguientes instrumentos de evaluación: 1.- Cuestionario pre-prueba para conocer la experiencia en el tema de los usuarios que harán las pruebas, 2.- Escala de la Usabilidad del Sistema (SUS: *System Usability Scale*), 3.- Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM: *Technology Acceptance Model*) y una 4.- entrevista final para recabar los comentarios generales de los usuarios después de usar el prototipo.

A. Instrumento de evaluación TAM

Como se mencionó, para medir la aceptación del sistema propuesto se utilizó el TAM, se propuso explicar las causas de la aceptación de la tecnología por parte del usuario. Tomando en cuenta las respuestas “de acuerdo”, “muy de acuerdo” y “totalmente de acuerdo” los resultados que arrojaron las pruebas TAM fueron los siguientes.

Respecto a la percepción de facilidad de uso: el 100% consideró que el sistema es sencillo de usar, el 100% creyó que

es fácil de aprender, el 100% consideró que es claro y entendible y el 100% consideró que sería fácil encontrar información.

Respecto a la percepción de utilidad: el 100% consideró que el sistema mejorará su eficiencia, el 100% creyó que mejorará su desempeño, también el 100% consideró que mejorará su productividad y el 100% encontró el sistema muy útil.

De acuerdo a la actitud hacia el uso del software: un 60% mencionó que no le disgustaba, el 100% mostraron una actitud favorable, el 100% creyó que el sistema era una buena idea y también el 100% creyó que no era una idea tonta.

Finalmente, 100% de los usuarios tiene intención de usar el prototipo, también el 100% mencionó que lo volvería a usar y el 100% expresó que utilizaría el sistema durante su rehabilitación.

B. Instrumento de evaluación SUS

El SUS ha demostrado ser una herramienta simple y fiable, la cual se correlaciona bien con las métricas de usabilidad. Su propósito es el de proporcionar un cuestionario de usabilidad fácil de completar y calificar. Este cuestionario contiene diez escalas de Likert de cinco puntos cada una (totalmente en desacuerdo, en desacuerdo, neutral, de acuerdo, totalmente de acuerdo), donde el usuario marca una opción.

De cada cuestionario SUS se obtuvo una calificación en una escala de 0 (nula usabilidad) a 100 (alta usabilidad). La evaluación por parte de los usuarios dió una calificación promedio de 81.5 puntos.

En la Fig. 5 se puede encontrar la distribución de las frecuencias, en las cuales podemos observar que el 20% de los usuarios dieron una calificación menor a 70 puntos y el 80% de los usuarios dieron una calificación mayor a 70 puntos, siendo un buen resultado ya que hablando de evaluaciones SUS, un valor mínimo de 70 puntos predice que el prototipo tiene una usabilidad adecuada y analizando los resultados de éstas pruebas podemos inferir que el sistema goza de una buena usabilidad.

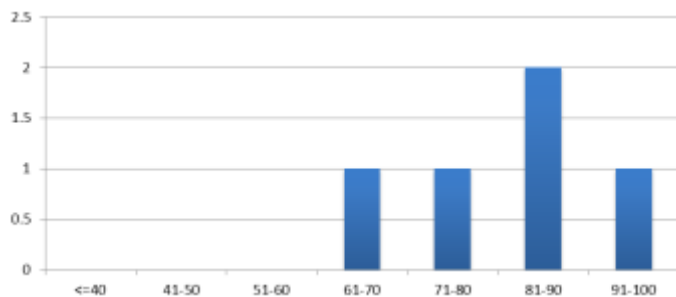


Fig. 5. Distribución de frecuencias de los resultados SUS de los usuarios.

C. Evaluación con los usuarios (resultados de entrevista final y observaciones)

Con los resultados obtenidos a partir de las entrevistas finales y observaciones durante las sesiones de pruebas es posible identificar una serie de mejoras para el sistema

ayudando a fortalecer las debilidades detectadas y con ello definir nuestras áreas de oportunidad que apoyen a alcanzar los objetivos definidos inicialmente. Así entonces, podemos concluir que la fortaleza del sistema se encuentra en la característica intuitiva que maneja el prototipo durante sus juegos por lo que es sencillo y fácil de usar y en la eficiencia en alcanzar los objetivos de forma agradable y divertida incentivando terminar la terapia de rehabilitación. Sin embargo, una de las debilidades identificadas son referentes al diseño del prototipo, específicamente la codera, ya que fue algo incómodo su uso para los usuarios.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Éste trabajo presentó el prototipo de un juego serio para el apoyo en las terapias de rehabilitación de lesiones en el codo.

Podemos concluir en base a los resultados arrojados por el SUS y el TAM que el prototipo probado es usable y que podría apoyar en gran medida en las sesiones de rehabilitación sin complicación para su uso, ya que es una herramienta fácil de comprender y utilizar. Además, los usuarios mencionaron que usarían el prototipo en su etapa funcional, por lo tanto podemos decir que nuestra propuesta de rehabilitación utilizando juegos serios tiene un buen grado de aceptación, es usable y eficiente en los objetivos que se pretenden.

Como trabajo futuro, se podrían realizar mejoras en el diseño del hardware para mejorar su comodidad. Además, aunque nuestra propuesta se enfoca en la rehabilitación de lesiones de codo, no descartamos que podría extenderse a rehabilitación del brazo completo o hasta otras extremidades del cuerpo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se desarrolló con apoyo del CONACYT con una beca otorgada a 4 coautores y del CREE (Centro de Rehabilitación y Educación Especial) del estado de Colima, por las facilidades prestadas para realizar las entrevistas para la obtención del contexto inicial.

REFERENCIAS

- [1] M. Martínez Matheus and A. Ríos Rincón, "La tecnología en rehabilitación: una aproximación conceptual," Revista Ciencias de la Salud, vol. 4, pp. 98-108, 2006.
- [2] Organización Mundial de la Salud (1969) Informe Técnico No. 419
- [3] Frances S. (2003) The assessment of patient adherence to physiotherapy rehabilitation
- [4] Microsoft Research. (s.f.). Avatar-Facilitated Therapy and Virtual Worlds: Next-Generation Tools for Physical Rehabilitation, Psychiatry, and Behavioral Medicine. Obtenido de <http://research.microsoft.com/apps/video/dl.aspx?id=149381>
- [5] Microsoft Research. (s.f.). Stroke Recovery with Kinect. Obtenido de <http://research.microsoft.com/en-us/projects/stroke-recovery-with-kinect/>
- [6] VirtualRehab. (s.f.). VirtualRehab. Obtenido de <http://www.virtualrehab.info/>
- [7] Cyberdyne. (s.f.). Hybrid Assistive Limb (HAL). Obtenido de <http://www.cyberdyne.jp/english/products/HAL/index.html>
- [8] Nielsen Norman Group. (s.f.). Why You Only Need to Test with 5 Users. Obtenido de <http://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>