

Diseño de Experimento: Aproximación metodología para el desarrollo de una aplicación interactiva de realidad virtual Inmersiva, para recrear la terapia espejo en la rehabilitación de pacientes amputados de miembros inferiores con dolor de miembro fantasma

Experimental Design: Approach methodology for the development of an immersive interactive virtual reality application, to recreate mirror therapy in the rehabilitation of lower limb amputee patients with phantom limb pain

Roberto Encarnación Mosquera ¹

¹ Facultad de Ingenierías, Universidad Cooperativa de Colombia
¹ roberto.encarnacion@ucc.edu.co

Resumen— La presente investigación denominada: “Diseño de experimento: Aproximación Metodología para el desarrollo de una aplicación interactiva de realidad virtual inmersiva, para recrear la terapia espejo en la rehabilitación de pacientes amputados de miembros inferiores con dolor de miembro fantasma (DMF)”. Tiene como propósito principal, proponer una aproximación metodológica enmarcada en patrones de diseño para el desarrollo de software, que permita realizar una aplicación interactiva de realidad virtual Inmersiva y que aporte recreando la terapia espejo para rehabilitación del dolor causado por el trauma de una amputación. Se soporta en la realización de un estudio acerca de los efectos que presentan las personas que han sufrido amputación de miembros inferiores, luego se analizan y seleccionan los diferentes métodos para la implementación de aplicaciones con realidad virtual y finalmente mediante el diseño de un experimento, se valida la eficacia de la aproximación propuesta. La terapia espejo [1] ha sido utilizada durante muchos años y pretende engañar al cerebro para poder eliminar las sensaciones que se presentan por la amputación. Se busca que mediante la aplicación interactiva se pueda potencializar el efecto de terapia espejo para la disminución del dolor.

Palabras claves— Amputación, Dolor fantasma, rehabilitación, realidad virtual.

Abstract— The present research denominated: "Experimental Design: Approach Methodology for the development of an interactive immersive virtual reality application to recreate mirror therapy in the rehabilitation of lower limb amputee patients with phantom limb pain (DMF)." Its main purpose is to propose a methodological approach framed in design patterns for software development that allows an interactive application of virtual reality Immersive and that recreates the mirror therapy to rehabilitate the pain caused by the trauma of an amputation. It is supported in the realization of a study about the effects that the people who have suffered amputation of inferior members, then the different methods for the implementation of applications with virtual reality are analyzed and selected and finally by the design of an experiment, Validates the effectiveness of the proposed approach. Mirror therapy [1] has been used for many years and attempts to deceive the brain in order to eliminate the sensations that arise from amputation. It is sought that through the interactive application can be potentiated the effect of mirror therapy for pain reduction.

Keywords— Amputation, Phantom Pain, rehabilitation, virtual reality.

1. Introducción

El presente investigación se enmarca en un diseño experimental, que permite validar una aproximación

metodológica. Los criterios de diseño que se definen tienen una estrecha relación con los efectos que padecen las personas que han sufrido un trauma en sus miembros

inferiores que les ha llevado a un procedimiento quirúrgico de amputación. El dolor residual que queda en el cerebro y que en muchos casos no se puede eliminar con tratamientos farmacéuticos, ha llevado a la necesidad de utilizar la terapia espejo para contrarrestarlo. En este proyecto se recrea con el desarrollo de una aplicación y mide su efecto dentro del objetivo de disminuir su impacto en las personas.

2. Planteamiento del problema

La aplicación interactiva que se desarrollará utilizará interfaces cerebro computador (BCI) que en este caso será un electroencefalógrafo (EEG), que combinado con señales detectadas desde un electro miógrafo (EMG) y los patrones de miembros virtuales, permitirán recrear la actividad del miembro fantasma para luego ser anulado por el cerebro contribuyendo de esta manera a la disminución del dolor fantasma. Pregunta de investigación:

¿Por qué los métodos aplicados a procesos de rehabilitación de síndrome de dolor fantasma disminuyen la calidad de vida de las personas amputadas en los procesos de recuperación?

Las preguntas que soportan este contexto son:

1. ¿Qué patrones de diseño de software utilizan las Aplicaciones de Realidad Virtual aplicadas a rehabilitación?
2. ¿Qué elementos constituyen el protocolo de atención de pacientes amputados en terapias virtuales de recuperación?
3. ¿Qué metodologías de investigación pueden ser usadas en el desarrollo de aplicaciones interactivas de rehabilitación?
4. ¿Qué tipos de publicaciones o foros se han dedicado al tema de rehabilitación con realidad virtual Inmersiva?

3. Planteamiento de la hipótesis

“El uso de entornos de realidad virtual inmersiva, que recrean la terapia espejo aplicable en procesos de rehabilitación de amputados de miembros inferiores, permite mejorar el síndrome de Dolor de Miembro Fantasma”.

3.1 Variables relacionadas

En este experimento se plante como variable independiente el dolor de miembro fantasma.

4. Definiciones Conceptuales

Entornos de realidad virtual: En la actualidad se utilizan técnicas terapéuticas que se apoyan con el uso de la realidad virtual para los tratamientos. Un ejemplo de ello es lo descrito en el artículo de M.P. Yagüe Sebastián “Los videojuegos en el tratamiento fisioterápico de la parálisis cerebral”, Este estudio muestra una evidencia estadísticamente significativa que apoya la mejoría en equilibrio, en satisfacción del paciente y una redistribución más adecuada en la carga de miembros inferiores. La realidad virtual ayuda en la consecución de diferentes objetivos fisioterápicos, siendo interesante su uso para mejorar el equilibrio y el control postural [2].

Hay fuertes evidencias científicas de los efectos beneficiosos de la RV en la recuperación motora del miembro superior en pacientes con ictus (Accidente cerebro vascular que afecta el movimiento en miembros superiores). Se necesitan estudios que profundicen en cuáles son los cambios generados en la reorganización cortical, qué tipo de sistema de RV es mejor utilizar, determinar si los resultados se mantienen a largo plazo, y definir qué frecuencias e intensidades de tratamiento son las más adecuadas [3] [4].

Dolor de Miembro Fantasma: El fenómeno del miembro fantasma es experimentado por casi todas las personas que sufren una amputación. La mayoría de pacientes sienten que la extremidad que falta está todavía ahí, y algunos pueden tener sensaciones vívidas respecto a la forma, longitud, postura y movimiento del miembro. Estas sensaciones fantasma no dolorosas raramente constituyen un problema clínico. Entre el 60 y el 80% de los amputados presentan también sensaciones dolorosas en relación con la extremidad carente. El dolor en el miembro fantasma suele ser intermitente, y en la mayoría de pacientes la frecuencia e intensidad de las crisis dolorosas disminuye con el tiempo. Sin embargo, en el 5-10% persiste un dolor importante. Igual número de pacientes desarrolla dolor crónico localizado en el muñón. Los mecanismos subyacentes del dolor en amputados no se conocen totalmente, pero existen factores tanto en el sistema nervioso central como en el periférico que desempeñan un papel en la génesis del dolor. El dolor previo a la amputación aumenta el riesgo de dolor en el miembro fantasma, pero probablemente no sea útil prevenir el dolor en el miembro fantasma mediante un bloqueo epidural previo a la intervención. El dolor posterior a la amputación puede ser difícil de tratar, y se dispone de

escasas evidencias a partir de ensayos aleatorizados que guíen a los clínicos en el tratamiento. Hasta que no se disponga de más datos clínicos, las guías y esquemas terapéuticos empleados para otras enfermedades con dolor neuropático son, quizá, la mejor aproximación. En general, el tratamiento debe ser conservador. La medicación incluye los antidepresivos tricíclicos, los bloqueantes del canal del sodio y, en ocasiones, los opioides.

Las restantes medicaciones deben ensayarse en centros especializados. Se deben probar los tratamientos tipo, por ejemplo, de la terapia física o la estimulación eléctrica transcutánea del nervio. La ventaja de estas técnicas radica en su ausencia de efectos secundarios y complicaciones, y en el hecho de que se puede repetir cuantas veces se requiera [5].

Rehabilitación de amputados: Una de las nuevas alternativas que se están aplicando a nivel internacional respecto a la recuperación de pacientes con dificultades para la movilidad, así como en proceso post-amputación son las aplicaciones interactivas que utilizan realidad aumentada y en otros casos realidad virtual Inmersiva, las técnicas de sensado por FeedBack [9]. En este tipo de desarrollos se logra potenciar los efectos de la neurorehabilitación y por ende mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Patrones de diseño de software

Al referirse a patrones de diseño para aplicaciones de realidad virtual, se debe considerar como un medio de comunicación en sí mismos, porque la participación corporal total en un mismo espacio compartido de telecomunicaciones generado por ordenador que podría estar dotado de retroalimentación multi-sensorial. Existen tres características fundamentales la RV frente a las animaciones 3D tradicionales son: el uso del tiempo real en el contexto, libertad de movimiento hacia cualquier dirección e inclusive dirigir la mirada; inmersión, perdiendo el contacto con la realidad exterior al percibir únicamente los estímulos del mundo virtual; e interacción con los elementos que lo conforman, que permite interactuar con el mundo virtual a través de diversos dispositivos de entrada, como: joysticks, guantes de datos, etc. Al considerar el objetivo de este proyecto este es uno de los aspectos que fundamenta esta investigación, dado que de la inmersión se espera potenciar el efecto de la terapia espejo mediante la

terapia virtual. La figura 1 ilustra la interacción de las características diferenciales de la realidad virtual frente a entornos 3D, poniendo de manifiesto la consideración de que los patrones de diseño deben considerarlas.



Figura 1. Características de la RV ([6])

Dentro de las aplicaciones de realidad virtual inmersiva, la facilidad de uso es una componente preponderante para la aceptación de las nuevas tecnologías por parte del usuario y en el caso de pacientes con traumas tan masivos como los de amputación es la primera premisa a considerar a la hora de diseñar software con propósitos de rehabilitación. En ese sentido el objetivo de los patrones de diseño debe ser el de apoyar la aceptación del usuario de las aplicaciones, por el cual se enfoca en la usabilidad de las aplicaciones en este dominio. Los patrones de diseño de interacción para las aplicaciones se basan en el método de enfoque de grupo; este concepto permite el análisis de tareas y necesidades [7]. Los resultados de los grupos se refieren a tipos específicos de contenido y se clasifican en tareas de usuarios genéricas, requisitos de contenido general y en requisitos generales de usabilidad. Se establecen como referente los patrones de diseño presentados por Kunert, los cuales se agrupan en patrones de Diseño de Pantalla, Navegación, Teclas de Control Remoto, Funciones Básicas, Presentación de Contenidos, Participación de los Usuarios, Introducción de Texto, Ayuda, Accesibilidad, Personalización y Grupos Específicos de Usuarios. Este marco genérico o framework de orientación integral para el diseño de interfaces de usuario, proporciona por cada patrón una plantilla que indica su nombre, ejemplos de aplicación, contexto, problemas, soluciones, evidencias y patrones relacionados. De ellos se toman se adaptan al tipo de aplicaciones interactivas de RV para este proyecto. En ellos se destacan las características de tiempo real y de interacción y se debe profundizar en los relacionados

con la inmersión para caracterizar el tipo de aplicación de este proyecto.

5. Objetivos del Proyecto

Objetivo general: Proponer una aproximación metodológica para el desarrollo de una aplicación interactiva de realidad virtual inmersiva, para recrear la terapia espejo en la rehabilitación de pacientes amputados de miembros inferiores con dolor de miembro fantasma.

Objetivos específicos:

- Identificar los métodos que integran el diseño de aplicaciones interactivas para rehabilitación de amputados, que permita establecer un marco de trabajo basado en patrones de diseño de software para aplicar en terapias con realidad virtual Inmersiva, fundamentado en razonamiento basado en casos.
- Crear la aplicación de realidad virtual inmersiva “Terapia Espejo Virtual” (TEVir), que utilice la metodología planteada y permita reducir el dolor de miembro fantasma, mejorando la calidad de vida en pacientes amputados de miembros inferiores.
- Realizar experiencias de campo con la aplicación de realidad virtual inmersiva desarrollada para pacientes amputados de miembro inferiores, con el fin de establecer tendencias e impacto en la disminución del dolor de miembro fantasma.

6. Diseño Experimental

En este proyecto se toma un tipo de experimento puro.

Descripción general:

La validación del proyecto planteado requiere realizar experimento en un grupo poblacional que padezca el síndrome de miembro fantasma, para ello se realizaron acercamientos iniciales con la tercera brigada del ejército nacional, donde se obtuvo la autorización para la realización del proyecto y aplicaciones de instrumentos al equipo de voleibol sentado de esta institución.

Selección del tipo de experimento:

Dentro de este proyecto se plantea utilizar un experimento verdadero

Descripción del diseño:

En este proyecto es de vital interés el poder analizar los efectos de la aplicación de las terapias con realidad virtual Inmersiva a pacientes que en primera medida han sufrido amputación y en segundo término que padecen el síndrome de dolor de miembro fantasma. Estos efectos deben ser observados a lo largo de un determinado periodo de tiempo, el cual puede ser medido en términos de mediano tendiente a largo. Para ver la evolución en la manipulación de la variable independiente que en este caso sería el Dolor fantasma, desde el diseño del experimento se debe establecer la aplicación de varias pos pruebas. Se plantea establecer de acuerdo a los periodos de prevalencia del síndrome en el paciente tener un primer grupo de personas que han sufrido recientemente el trauma de la amputación que en términos temporales puede ser de tres meses y un segundo grupo que ya tenga por lo menos más de dieciocho meses de haber sufrido dicho suceso. Por tanto al evaluar el efecto de la aplicación de la prueba, se requiere tener dos grupos definidos aplicando pre-prueba y pos-prueba para validar la eficacia, la figura 2 describe esta situación.

RG1	0 ₁	X ₁	0 ₂	0 ₃	0 ₄
RG2	0 ₅	X ₂	0 ₆	0 ₇	0 ₈

Figura 2. Modelo de pruebas de experimento (investigador).

Las pos pruebas que se apliquen deberán serán todas aquellas que se necesiten, la figura 3 indica las periodicidades propuestas para su aplicación.

	3 meses después del trauma		18 meses después	21 meses después	24 meses después
RG1	0 ₁	X ₁	0 ₂	0 ₃	0 ₄
RG2	0 ₅	X ₂	0 ₆	0 ₇	0 ₈

Figura 3. Periodos para aplicación de pos- pruebas a cada grupo.

7. Actividades metodológicas propuestas

- Fundamentar teóricamente los métodos que integran el diseño de aplicaciones interactivas para rehabilitación de amputados.

- Fundamentar teóricamente los métodos que integran el marco de trabajo basado en patrones de diseño en software para aplicar en terapias con realidad virtual Inmersiva.
- Categorizar y analizar las variables involucradas en los métodos que integran el diseño de aplicaciones interactivas para rehabilitación de amputados.
- Validar el marco de trabajo a utilizar.
- Sistematizar y analizar la información recopilada en matrices de análisis.
- Elaborar un informe del trabajo realizado

8. Coherencia con el área estratégica elegida

El proyecto de investigación se enmarca dentro del área estratégica de “Educación e investigación y desarrollo”, en educación por ser uno de los factores que más influye en el avance y progreso de personas y sociedades. Además de proveer conocimientos, la educación enriquece la cultura, el espíritu, los valores y todo aquello que nos caracteriza como seres humanos, es uno de los pilares fundamentales de la formación universitaria; la educación impartida a los Ingenieros de Sistemas de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Popayán es una formación en donde se requiere de apoyo, acompañamiento, y asesoría, constante, etc. durante todo el proceso de aprendizaje, para que el alumno descubra el sentido a su vida, se trace metas, actúe con disciplina, visión, pasión y conciencia, de igual manera el cuerpo profesoral actúa como verdaderos gestores del conocimiento, al corriente de lo que ocurre y puede ocurrir en el mundo, adaptando su enseñanza a esa comprensión del mundo real. La formación profesional y técnica que se brinda se articula al entorno de las realidades socioeconómicas locales, regionales y nacionales, en el contexto actual, el cual está enmarcado en el contexto mundial de la gestión de las tecnologías de la información y de las comunicaciones. En la investigación por que se genera nuevo conocimiento, además de generar un círculo virtuoso de opiniones, permite mejorar el tema a investigar, ya que ayuda a establecer contacto con la realidad a fin de que se conozca y se entienda mejor, ayuda a desarrollar una creatividad y los dos “educación e investigación” aportan al desarrollo de la región y de la nación.

9. Conclusiones

Se generan productos de nuevo conocimiento relacionados con las particularidades de diseño de aplicaciones interactivas de RV inmersiva Fortalecimiento de los semilleros y grupos de investigación en la Universidad cooperativa de Colombia dando pertinencia social a los proyectos Diseño de un experimento como componente metodológico que dará lugar a un secreto empresarial y/o posible patente.

10. Agradecimiento

En esta oportunidad se agradecer la oportunidad de publicación a la Universidad Cooperativa de Colombia, por el tiempo autorizado para el trabajo con el semillero de investigación SYNAP y poder así pertenecer al Grupo de investigación en Ingeniería Aplicada. También agradecer a la Red Temática en Inteligencia Ambiental y Tecnologías de la Información y Comunicaciones – AmiTIC, porque en el marco del 4to. Congreso Internacional Amitic 2017 abrió el espacio para realizar esta publicación. Agradecer a la Universidad Tecnológica de Panamá UTP por la conformación del equipo de trabajo colaborativo e interinstitucional.

11. Referencias

- [1] Flor H, "Phantom-Limb pain as a perceptual correlate of cortical reorganization following arm amputation," *nature*, vol. 375, pp. 482-484, June 1995.
- [2] Sebastiana Yague, "Video games i physiotherapy of cerebral palsy," *Asociación española de Fisioterapeutas*, 2016.
- [3] maria Sobrino and susana prieto. (2015) Dialnet. [Online]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5450093>
- [4] julian Cardenas, "Sistema para rehabilitación del síndrome de miembro fantasma utilizando interfaz cerebro computador y realidad aumentada," *Revista iberica de sistemas y tecnologías de la información*, vol. 11, no. 4304, pp. 93-96, 2013.
- [5] melzack. (2011, Agosto) NCBI. [Online]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3198614>
- [6] Francisco Pérez, "Presente y Futuro de la Tecnología de la Realidad Virtual," *Creatividad y Sociedad*, vol. 15, no. 5, marzo 2011.