



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA
EDUCACIÓN UNIVERSITARIA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA
SANTO MARÍA DE LOS RÍOS - ESTADO FALCÓN
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
TERRITORIAL DE FALCÓN**
ALONSO GAMERO



 **compensar** unipanamericana
fundación universitaria

GAMIFICACIÓN y discapacidad

una alternativa socialmente responsable



Volumen I
Colección Unión Global

Coordinadores
Luis Guillermo Molero Suárez
Yamarú del Valle Chirinos Araque

GAMIFICACIÓN

y discapacidad

una alternativa socialmente responsable

“Gamificación y discapacidad. Una alternativa socialmente responsable”, de la Colección Unión Global adscrita al **Fondo Editorial Universitario Servando Garcés** de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG) corresponde al Grupo de investigación de ingenierías (GIIS) de la Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana, es una publicación internacional, arbitrada, este libro es el resultado de investigaciones caracterizadas por una alta producción intelectual y científica que se logra reunir en este volumen I, en el cual se muestran los resultados del quehacer científico, tecnológico y humanístico, desarrollado por un grupo de investigadores en el marco de la responsabilidad social respecto a una población especial que presenta condición de discapacidad, por tanto se propone la gamificación como alternativa para mejorar su calidad de vida.



Dr. Luis Guillermo Molero Suárez

Dr. Cs Gerenciales con especialidad en Gestión de las organizaciones y Cultura tecnológica, Magister en Telemática e Ingeniero en Informática. Profesor de Pregrado y Postgrado URBE Venezuela, Investigador Junior COLCIENCIAS, docente investigador de la Fundación Universitaria Panamericana-Unipanamericana, Ponente en eventos nacionales e internacionales. Director de tesis de pregrado y postgrado, Par evaluador de revistas científicas indexadas a nivel internacional, Autor de artículos publicados en revistas científicas.



Dra. Yamarú del Valle Chirinos Araque

Dra. En Gestión de la Innovación, Directora General de la Alianza de Investigadores Internacionales S.A.S. ALININ, Profesora de Pregrado y Postgrado en la UNERMB Venezuela, Investigadora Senior categorizada por COLCIENCIA, Docente investigadora de la Universidad Católica Luis Amigó en Colombia. Ponente en eventos nacionales e internacionales, conferencista magistral en eventos internacionales, Directora de tesis de pregrado y postgrado, investigadora reconocida por el programa de estímulo al investigador PEI nivel A2 en Venezuela. Editora de libros de investigación, par evaluador de revistas científicas indexadas a nivel nacional e internacional, autora de artículos publicados en revistas científicas, responsable de proyectos de investigación internacionales en ejecución, profesora invitada en diversas Universidades en Latinoamérica.

Gamificación y Discapacidad

Una alternativa socialmente responsable

VOLUMEN I
COLECCIÓN UNIÓN GLOBAL

COORDINADORES:

Luis Guillermo Molero Suárez
Yamarú del Valle Chirinos Araque

LIBRO RESULTADO DE INVESTIGACIÓN

Este libro es resultado de investigación, todos los capítulos incluidos en él son productos de investigaciones desarrolladas por sus autores. Fueron arbitrados bajo el sistema doble ciego por expertos externos en el área, bajo la supervisión de los grupos de investigación de: la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG), Falcón-Venezuela, la Alianza de Investigadores Internacionales (ALININ). Corresponde al Grupo de Investigación de ingenierías de la Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana, Bogotá - Colombia. Entidad financiadora Unipanamericana. Los planteamientos y argumentaciones presentadas en los capítulos del libro Gamificación y Discapacidad. Una alternativa socialmente responsable, son responsabilidad única y exclusiva de sus autores, por lo tanto, los coordinadores, las Universidades e instituciones que respaldan la obra actúan como un tercero de buena fe.

Edición: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.

Coeditor: Alianza de investigadores Internacionales S.A.S. ALININ.
Ente Financador: Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana.
© 2019 Gamificación y Discapacidad. Una alternativa socialmente responsable.

Coordinadores
Luis Guillermo Molero Suárez
Yamarú del Valle Chirinos Araque

Autores
© Claudia Patricia Ramírez Triana, © Diego Alejandro Santos Díaz, © Javier Alejandro Sáenz Leguizamón, © Jeison Stive Ruiz Carrillo, © José Luis Montenegro Romero, © Judeira Batista De Abreu, © Leidi Yoana Zamudio Garnica, © Luis Daniel Castiblanco Rosero, © Luis Guillermo Molero Suárez, © Nelson Felipe Rosas Jiménez, © Pablo Emilio Ospina Rodríguez, © Paul Alexander Díaz Montaña.

Volumen I

Versión digital
Depósito legal: FA2019000054
ISBN: 978-980-7857-19-2

Versión impresa
Depósito legal: FA2019000055
ISBN: 978-980-7857-20-8

Coordinadora Editorial: Lic. Gabriela Castillo.
Portada: Creación de la diseñadora gráfica y publicista Elvia Yolima Guzmán Pérez
Diagramación e impresión: Editorial Artes y Letras S.A.S.
Revisión de estilo, gramática, ortografía y redacción: Lcda. Ana Pirela. Quito, Ecuador. Correo electrónico: anarelypirela@gmail.com.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Catalogación de la fuente

362 G192

Gamificación y Discapacidad. Una alternativa socialmente responsable. / Luis Guillermo Molero Suárez, Yamarú del Valle Chirinos Araque, coordinadores. – Santa Ana de Coro (Venezuela): Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTFAG), 2019. (Colección Unión Global). -- 110 páginas.

Versión digital, ISBN: 978-980-7857-25-3; Versión impresa, ISBN: 978-980-7857-26-0

DISCAPACIDAD; CERVICALGIA; DISCAPACIDAD MOTORA; ENTORNOS DE DESARROLLO; FISIOTERAPIA – INTERFAZ GRÁFICA 3D; KINESIOTERAPIA; METODOLOGÍA SUM; REALIDAD VIRTUAL; REHABILITACIÓN MOTRIZ – INVENSITAGIONES USABILIDAD; GIIS Grupo de investigación en Ingenierías de la Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana, Bogotá - Colombia, apoyado por los grupos de investigación Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTFAG), Falcón - Venezuela, y Alianza de Investigadores Internacionales (ALININ), Medellín - Colombia.

Disponible en:

<https://investigacionuptag.wordpress.com/>

www.alinin.org



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA
EDUCACIÓN UNIVERSITARIA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

SANTA ANA DE CORO - ESTADO FALCÓN

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
TERRITORIAL DE FALCÓN
ALONSO GAMERO**

**Universidad Politécnica Territorial de Falcón
Alonso Gamero**

UPTAG

Ing. Rafael Pineda Piña
Rector

MSc. Emma Paola García
Vicerrectora Académica

Ing. Víctor Piñero Cruz
Vicerrector de Desarrollo Territorial

MSc. Eugenio Petit
Secretario General

Dra. Oneida Jordán
Coordinadora de Creación Intelectual
y Desarrollo Socioprodutivo



**ALIANZA DE INVESTIGADORES
INTERNACIONALES S.A.S
ALININ**

Alianza de Investigadores Internacionales

ALININ

Dra. Yamarú del Valle Chirinos Araque
Directora General

Dra. Nataliya Barbera Alvarado
Directora de Investigación

Dra. Lyneth Haymara Camejo López
Coordinadora de Investigación ALININ-Venezuela

Dra. Dorkys Coromoto Rojas Nieves
Directora del Comité Científico ALININ-Venezuela

Dr. Roberto Godínez López
Coordinador de Investigación ALININ-Guanajuato-México.

Dr. Adán Guillermo Ramírez García
Coordinador de Investigación ALININ Sonora-México

UNIPANAMERICANA

Marco Aurelio Llinás Volpe
Rector

José David Marín Enriquez
Director Académico

Nelson Felipe Rosas Jiménez
Decano Facultad de Ingenierías

Gareth Barrera Sanabria
Directora de Investigación y Transferencia

Aliados Institucionales de ALININ



Autores

Colombia

Claudia Patricia Ramírez Triana

Fundación Universitaria del área Andina

Diego Alejandro Santos Díaz

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Javier Alejandro Sáenz Leguizamón

Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana

Jeison Stive Ruiz Carrillo

Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana.

José Luis Montenegro Romero

Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana.

Judeira Batista De Abreu

Uniguajira

Leidi Yoana Zamudio Garnica

Corporación Universitaria Iberoamericana

Luis Daniel Castiblanco Rosero

Unipanamericana, Fundación Universitaria Panamericana

Luis Guillermo Molero Suárez

Unipanamericana, Fundación Universitaria Panamericana

Nelson Felipe Rosas Jiménez

Unipanamericana, Fundación Universitaria Panamericana

Pablo Emilio Ospina Rodríguez

Unipanamericana, Fundación Universitaria Panamericana

Paul Alexander Díaz Montaña

Unipanamericana, Fundación Universitaria Panamericana

Índice

Introducción	13
---------------------------	----

Capítulo I

Realidad virtual como plataforma para la rehabilitación de personas con discapacidad

Luis Guillermo Molero Suárez / Nelson Felipe Rosas Jiménez

José Luis Montenegro Romero / Diego Alejandro Santos Díaz

Leidi Yoana Zamudio Garnica 15

Capítulo II

Métodos para optimizar tratamientos fisioterapéuticos en pacientes con movilidad reducida en la zona cervical

Pablo Emilio Ospina Rodríguez / Luis Guillermo Molero Suárez

Luis Daniel Castiblanco Rosero / Judeira Batista De Abreu

Claudia Patricia Ramírez Triana 32

Capítulo III

Interfaz 3D móvil con HMD para personas con discapacidad motora apoyada en metodología SUM

Luis Guillermo Molero Suárez / Javier Alejandro Sáenz Leguizamón

José Luis Montenegro Romero / Luis Daniel Castiblanco Rosero

Jeison Stive Ruiz Carrillo 49

Capítulo IV

Usabilidad de interfaz 3D móvil desarrollada para HMD dirigida a usuarios con movilidad reducida

Luis Guillermo Molero Suárez / Paul Alexander Díaz Montaña

José Luis Montenegro Romero / Luis Daniel Castiblanco Rosero

Jeison Stive Ruiz Carrillo 81

INTRODUCCIÓN

“**Gamificación y discapacidad. Una alternativa socialmente responsable**”, de la **Colección Unión Global** adscrita al **Fondo Editorial Universitario Servando Garcés** de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG) corresponde al Grupo de investigación de ingenierías (GIIS) de la Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana, es una publicación internacional, arbitrada. Este libro es el resultado de investigaciones caracterizadas por una alta producción intelectual y científica que se logra reunir en este volumen I, en el cual se muestran los resultados del quehacer científico, tecnológico y humanístico, desarrollado por un grupo de investigadores en el marco de la responsabilidad social respecto a una población especial que presenta condición de discapacidad, por tanto se propone la gamificación como alternativa para mejorar su calidad de vida.

Esta edición se estructura en **IV** capítulos resultado de investigación, cuya temática se orienta a atender la diversidad en torno a gamificación y discapacidad en los ámbitos de la ciencia contemporánea. Es así como el **Capítulo I** hace referencia a la Realidad Virtual (RV) como plataforma para la rehabilitación de personas con discapacidad, por consiguiente, es importante destacar que, la (RV) representa una tecnología novedosa y transformadora que admite recrear escenarios controlados, a través del uso del computador como herramienta principal como un entorno dinámico y controlado, que proporciona a los usuarios desarrollar experiencias más reales y vivas, mediante diferentes dispositivos o interfaces.

En el **Capítulo II**, los autores, conscientes de que el métodos para optimizar tratamientos fisioterapéuticos en pacientes con movilidad reducida en la zona cervical, es un tema que ha despertado mucho interés en toda la comunidad con movilidad reducida, por lo cual desarrollaron una investigación con el fin de estudiar algunas consideraciones para la optimización de terapias tradicionales, tendientes a la recuperación de la movilidad y el tratamiento del dolor en el área cervical, esta zona comprende las 7 vértebras de la columna vertebral que dan sustento al cuello, uniendo la base del cráneo con el resto del cuerpo, funciona como una estructura flexible, que da movilidad al cuello y permite la orientación dinámica de la cabeza, utilizando diferentes métodos como la fisioterapia, mecanoterapia entre otros, permitiendo proporcionar al paciente mejor calidad de vida.

Con miras a fortalecer con responsabilidad social la población en condición de discapacidad, los investigadores en el **Capítulo III** se enfocan en desarrollar una interfaz 3D móvil con HMD para personas con discapacidad motora apoyada en metodología SUM, que pretende ser de gran utilidad para estas personas específicamente, en orden de buscar su inclusión social, laboral y estimular su motivación, a través del uso de esta innovadora tecnología.

Ubicados en el contexto de la usabilidad de este tipo de tecnologías que permite evolución para personas con discapacidad y con la mirada puesta en la responsabilidad social como ciudadanos y como investigadores hacia esta población, se presenta el **Capítulo IV**, que ofrece una guía que indica la usabilidad de interfaz 3D móvil desarrollada para HMD, dirigida a usuarios con movilidad reducida, en la zona cervical específicamente para terapias de Flexo-Extensión del cuello, rotación lateral del cuello y giro de la cabeza,

con el fin de exhibir las funcionalidades de una aplicación desplegada para ofrecer mayor motivación, inclusión y posibilidades de inserción laboral, así como, servir de estrategia de transformación digital, dentro de los espacios de la cultura tecnológica que permita consolidar nuevos ciudadanos corporativos socialmente responsables.

Finalmente, conviene destacar que los planteamientos y argumentaciones presentados en los capítulos del libro son responsabilidad única y exclusiva de sus autores, por lo tanto, los Coordinadores, el Fondo Editorial “Servando Garcés” de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón “Alonso Gamero”, la Alianza de Investigadores Internacionales, la Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana, y demás instituciones que apoyan la obra, actúan como un tercero de buena fe.

Dra. Yamarú del Valle Chirinos Araque.

CAPÍTULO I

REALIDAD VIRTUAL COMO PLATAFORMA PARA LA REHABILITACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD

Luis Guillermo Molero Suárez

Doctor en Ciencias Gerenciales. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana. Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: lmolero@unipanamericana.edu.co.

Nelson Felipe Rosas Jiménez

Magister en Ingeniería-Telecomunicaciones. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana. Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: nfrosasj@unipanamericana.edu.co.

José Luis Montenegro Romero

Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana. Avenida (calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: jlmontenegro@unipanamericana.edu.co.

Diego Alejandro Santos Díaz

Magister en Ingeniería de Software y Sistemas Informáticos, Corporación Universitaria Minuto de Dios. Transv.5 No.5G - 95 Lagos de Malibú, Soacha, Colombia.
Correo electrónico: diego.santos@uniminuto.edu.

Leidi Yoana Zamudio Garnica

Magister en Dirección y Gestión de Instituciones Educativas. Corporación Universitaria Iberoamericana. Cl. 67 # 5 - 27, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: leidi.zamudio@ibero.edu.co.

Resumen

El objetivo de la investigación fue estudiar la realidad virtual a partir de los supuestos de una plataforma donde convergen diferentes elementos multimedia que permiten recrear entornos inmersivos y sensoriales para la creación de ambientes más dinámicos que permitan establecer parámetros optimizados para la rehabilitación de personas con discapacidad, en consecuencia, fijando las abstracciones necesarias en torno a las bondades de esta tecnología sobre el escenario de la fisioterapia rehabilitadora. El estudio se fijó en la costumbre epistemológica racionalista, el tipo de investigación por su parte fue documental, transaccional con un diseño no experimental. Para lograr los objetivos propuestos, en el contenido se analizó a detalle los siguientes puntos: 1) Realidad Virtual y su papel en la rehabilitación de personas con discapacidad, 2) Tipos de Realidad Virtual y

las necesidades en personas con discapacidad y 3) Tecnología y medicina, Realidad Virtual y Rehabilitación. La revisión literaria concerniente a los avances en realidad virtual hace ver la importancia de estos ambientes en los espacios de la rehabilitación de discapacidades motoras, esto en virtud, del aumento del estímulo sensorial que estos espacios interactivos ofrecen al tiempo de proveer mayores índices de motivación al estar frente a estos espacios controlados. En ese sentido, existen numerosas investigaciones que develan las ventajas del uso de esta tecnología para la optimización de los procesos de fisioterapia incluso desde el hogar, sin embargo y en contraste, otro número importante de investigación supone mayores esfuerzos en delimitar qué tipo de tratamientos de rehabilitación resultan favorecidos con aplicaciones o sistemas desarrollados en Realidad Virtual. Un punto importante para destacar de estos entornos es la utilización de accesorios que proveen mayor interacción del usuario con los sistemas, lo que genera mayor estímulo sensorial que el uso simple de tecnología inmersiva.

Palabras clave: discapacidad, Realidad Virtual, rehabilitación motriz.

VIRTUAL REALITY AS A PLATFORM FOR THE REHABILITATION OF PERSONS WITH DISABILITIES

Abstract

The objective of the research was to study virtual reality from the assumptions of a platform where different multimedia elements converge that allow to recreate immersive and sensory environments for the creation of more dynamic environments that allow establishing optimized parameters for the rehabilitation of people with disabilities, consequently, fixing the necessary abstractions around the benefits of this technology on the stage of rehabilitative physiotherapy. The study was based on the rationalist epistemological custom, the type of research was documentary, transactional with a non-experimental design. In order to achieve the proposed objectives, the following points were analyzed in detail in the content: 1) Virtual Reality and its role in the rehabilitation of people with disabilities, 2) Types of Virtual Reality and needs in people with disabilities and 3) Technology and Medicine, Virtual Reality and Rehabilitation. The literary review concerning advances in virtual reality shows the importance of these environments in the areas of rehabilitation of motor disabilities, this by virtue of the increase in sensory stimulation that these interactive spaces offer while providing higher motivation rates to be in front of these controlled spaces. In that sense, there are numerous investigations that reveal the advantages of the use of this technology for the optimization of physiotherapy processes even from home, however and in contrast, another important number of research involves greater efforts to delimit what type of treatment rehabilitation are favored with applications or systems developed in Virtual Reality. An important point to highlight in these environments is the use of accessories that provide greater user interaction with the systems, which generates greater sensory stimulation than the simple use of immersive technology.

Keywords: disability, motor rehabilitation, Virtual Reality.

Este capítulo es resultado de un proyecto de investigación intitulado “Desarrollo de Suite Interactiva con fines de rehabilitación para personas con movilidad reducida” que se encuentra ya finalizado.

Institución financiadora: Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana bajo el Código del Proyecto SIGP/Código entidad financiadora número PI242019.

Introducción

La realidad virtual (RV) representa una tecnología novedosa y transformadora que admite recrear escenarios controlados a través del uso del computador como herramienta principal. En ese sentido, despliega ambientes virtuales inmersivos y configurables para generar estímulos sensoriales mesurables, elementos que son difíciles de recrear en un ambiente real.

Considerada como un elemento que desde hace poco más de una década viene siendo parte de una nueva cultura tecnológica y de transformación hacia lo digital, (Molero, Batista y Puentes, 2019), como estrategia para ser ciudadanos corporativos socialmente responsables (Molero, Villarraga, Molero, Inciarte y Sosa, 2019), (Molero, Villarraga, Inciarte, Molero y Rodríguez, 2019) o como herramienta en una multiplicidad de usos en las ciencias actuales, la RV figura como un componente primordial para la investigación, por lo cual, se hace preciso mencionar la utilidad que representa esta tecnología en los ciclos de rehabilitación para pacientes que desde su nacimiento, hechos fortuitos o de salud sufren de algún tipo de discapacidad. En este particular, es menester sobre la base de las ideas expuestas referir que los ambientes desarrollados y dispuestos con Realidad Virtual para personas con discapacidad motora propician los espacios motivacionales, de inclusión y de optimización de las fisioterapias tradicionales, desarrollados a través de escenarios inmersivos controlados, con gran despliegue de elementos multimedia, que la definen como una opción segura y viable para superar gran parte, o la totalidad de su deficiencia física.

Entre tanto, estos ambientes inmersivos propician el disfrute y estímulo, en correspondencia con la investigación de (Matt C, 2017), debido a su naturaleza envolvente, que elevan ecosistemas más ecológicos, amigables y seguros de forma automatizada a través de una interfaz entre el usuario y el computador, y que finalmente, consienten en simular entornos para generar una experiencia real e indudablemente positiva. (Pedroli, Serino, Ciproso, Pallavicini y Riva, 2015).

Un nutrido grupo de estudios sugieren el uso de esta herramienta para el tratamiento de un número importante de terapias de rehabilitación, pues según estas investigaciones de campo, han demostrado que la unión de la fisioterapia tradicional y la terapia con RV, en conjunto, ofrecen mejores beneficios. Por otra parte, otro grupo de investigaciones advierte la necesidad de mejorar los esfuerzos para delimitar qué tipo de fisioterapias con RV ofrecen mayores recompensas a los usuarios que la desarrollan, en virtud de que aseguran, que el paciente no recibe mejoría notoria al estar expuesto a esta herramienta tecnológica. Por lo tanto, esta investigación persigue el estudio de la realidad virtual como una plataforma donde converjan diferentes elementos multimedia que admitan recrear entornos inmersivos y sensoriales para la creación de ambientes más dinámicos que permitan establecer parámetros optimizados para la rehabilitación de personas con discapacidad.

Fundamentación teórica

Realidad Virtual (RV) y su papel en la rehabilitación de personas con discapacidad

La realidad virtual ha adquirido en los últimos años una particular importancia al permitir el despliegue de innovadores entornos donde el paciente a través del uso del computador y sus dispositivos periféricos interactúe con el mundo virtual, lo que ha revolucionado la forma de percibir el mundo que nos rodea. Sobre la base de esas ideas, se define la realidad virtual (en inglés, Virtual Reality VR), como un entorno dinámico y controlado que proporciona a los usuarios desarrollar experiencias más reales y vivas, a través, de diferentes dispositivos o interfaces (Molero, Ospina, Quevedo, Montenegro y Castiblanco, 2019) y (Molero, Ospina, Ayala y Lozano 2019).

Para Ospina, Molero, Lozano, Becerra y Ruiz (2019), la realidad virtual permite simular escenarios complejos que asemejan la realidad misma controlando variables dentro de sus entornos inmersivos para introducir experiencias sensoriales diversas y captar la atención e interés de quien manipula esta tecnología, en consecuencia, produce en sí un resultado motivador al poder experimentar múltiples sensaciones en este mundo virtual. Entre tanto, Guzman y Londoño (2016), definen la realidad virtual como una interfaz de usuario para aplicaciones soportadas por computadora, que permiten la interacción en tiempo real sobre un entorno controlado utilizando una gama amplia de dispositivos multisensoriales.

En adición a lo anterior, la RV potencia la experiencia inmersiva con el uso de dispositivos periféricos para captura de movimiento como el Kinect de Microsoft, las gafas 3D, guantes hápticos, entre otros, que retroalimentan continuamente estos sistemas virtuales por computadora y permiten generar una óptima interacción e interactividad con el entorno.

Los temas tratados, hacen ineludible reseñar los postulados ofrecidos por Laver *et al.* (2017) y Alfageme y Sanchez, (2002), en referencia al uso de la RV virtual en la rehabilitación:

“La realidad virtual y los videojuegos interactivos han surgido como nuevos enfoques de tratamiento en la rehabilitación del accidente cerebrovascular. Estos enfoques pueden ser ventajosos ya que dan la oportunidad de practicar actividades que no se pueden realizar dentro del entorno clínico. Además, los programas de realidad virtual están diseñados para ser más interesantes y agradables que las terapias tradicionales, alentando a que el paciente realice un mayor número de repeticiones de los ejercicios. El uso de programas de realidad virtual diseñados para la rehabilitación aún no es común en los contextos clínicos, pero poco a poco se están haciendo un hueco entre las terapias”. (Pinilla Giménez, 2017, pág. 15).

Otras teorías prioritarias refieren los resultados obtenidos por los investigadores Choi, Ku, Lim, Kim y Paik, (2016), Standen *et al.* (2015), Corbetta, Imeri y Gatti, (2015) y Bergeron, Lortie y Guitton^{1,2}, (2015), sobre el uso de la RV en escenarios de rehabilitación, donde en línea general concluyen que las personas con discapacidades múltiples experimentan bondades y un índice superior de motivación con el uso de esta tecnología, al tiempo que muestra ser en algunos casos, más eficaz que los métodos tradicionales. En ese sentido, Viñas-Diz y Sobrido-Prieto (2016), en su investigación concluyen lo siguiente:

“La evidencia científica sólida apoya los efectos beneficiosos de la RV en la recuperación motora de las extremidades superiores en pacientes con accidente cerebrovascular.” (p.255).

En consecuencia, luego de la revisión bibliográfica donde se exponen los beneficios de la Realidad Virtual en procesos de rehabilitación, la investigación desplegará a través de novedosas herramientas de hardware y software, una suite de aplicaciones en RV que provean los escenarios idóneos para el desarrollo de terapias de rehabilitación en pacientes con discapacidad motora.

Tipos de Realidad Virtual y las necesidades en personas con discapacidad

En su investigación Gómez (2017), sostiene que las diferentes definiciones envueltas dentro de la RV están relacionadas con la capacidad de inmersión, interactividad e imaginación donde todos estos elementos se encuentran integrados dentro de entornos artificialmente diseñados y controlados a través de herramientas especializadas y en relación de como el usuario accede a estos espacios.

Es relevante entonces citar los postulados que ofrece Lopez-Bosh *et al.* (2011) con respecto a la inmersión, pues el autor define que la importancia de este elemento es indudable para la realidad virtual, e incluso, se definen varios tipos de RV debido a este concepto.

Existen entonces tres aproximaciones a los tipos de realidad virtual existente:

- **Realidad virtual inmersiva:** La realidad virtual inmersiva se apoya en una gama completa de accesorios para recrear entornos donde la transferencia sensorial sea completa. Estos accesorios tales como gafas 3D, cascos, guantes hápticos y escáneres de cuerpo completo permiten sumergir al usuario en un mundo virtual creado por un computador.
- **Realidad virtual semi-inmersiva:** Este sistema de realidad virtual de acuerdo con Cruz, Morales y Ayala (2006), (citado por Raigoza, Alvis, Sánchez y Giraldo, 2017), se define como: La realidad virtual semi-inmersiva se presenta a través del uso de lentes de visión estereoscópica que en conjunto con un dispositivo móvil se representa un entorno virtual dando al usuario una interacción físicamente más aproximada a la realidad. Por otra parte, la definición de García-Ruiz, Bustos-Mendoza, Andrade-Aréchiga y Acosta-Díaz, (2005) la sitúa como:
“La realidad virtual semi-inmersiva (llamada también como RV “de escritorio”) utiliza una computadora personal para desplegar un ambiente virtual, conteniendo una simulación o modelos en 3D. Generalmente, los usuarios observan el ambiente virtual por medio de lentes (gafas) estéreo, y el efecto de inmersión es moderado.” (p.46).
- **Realidad virtual no inmersiva:** Esta definición resalta que existe una sensación inmersiva en menor grado que el término anterior, esto, producto que la realidad virtual inmersiva se apoya en equipos periféricos para recrear sensaciones visuales y corporales, mientras que la no inmersiva no hace uso de periféricos.

A tales efectos, se hace indudable que los sistemas de realidad virtual inmersivos corresponden a la mejor opción para lograr los efectos motivadores deseados en virtud

de que al razonar acerca de lo que significa un proceso de rehabilitación donde uno de los factores más importantes es la falta de motivación, estos sistemas permean fácilmente en el sentir del usuario que hará uso de esta tecnología, asimismo, la experiencia sensorial sin duda es mucha más dinámica en este tipo de sistemas.

Tecnología y medicina, Realidad Virtual y Rehabilitación

En relación con las aplicaciones que la tecnología ha puesto de manifiesto en el campo de la medicina y en especial, sobre los avances que se han focalizado en los procesos de rehabilitación, razón cardinal de la investigación, es menester definir inicialmente desde la perspectiva filosófica de Aguilar Gordón (2011), lo que la tecnología representa:

“La tecnología ha sido entendida de diferentes maneras, unos la conciben como el conjunto de saberes, de habilidades, de destrezas y de medios necesarios para llegar a un fin predeterminado; otros la entienden como un conjunto de conocimientos técnicos, ordenados científicamente, que permiten diseñar y crear bienes y servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y la satisfacción de necesidades y deseos humanos”. (p.6).

Sobre la base de las doctrinas expuestas por el autor, se entiende que la tecnología consiste en un conjunto de técnicas, herramientas, recursos y/o procedimientos que satisfacen las necesidades presentes y futuras para el quehacer de una actividad, facilitando de este modo, su desarrollo. Al comparar estas evidencias y aplicar el término de “tecnología” sobre la medicina el concepto se vuelve mucho más amplio, en virtud, que a diario se desarrollan un sinnúmero de nuevos métodos, conjunto de técnicas y procedimientos en las ciencias de la salud, permeando muchos aspectos de la vida cotidiana, con la finalidad de optimizar y automatizar los procesos que se venían ejecutando de forma tradicional.

En este respecto y como parte de la investigación, es de especial interés mencionar los avances que en materia de rehabilitación se han venido desplegando a los fines de mejorar los procesos de recuperación de pacientes con discapacidades motoras, donde en este sentido, en la revisión sistemática de literatura en un período de diez años comprendido desde 2004 al 2014. Luque-Moreno *et al.* (2015), concluyen que la intervención de la realidad virtual en ciclos de rehabilitación combinada con otros elementos técnicos y la terapia convencional arrojan resultados positivos para pacientes con discapacidad, lo que permite deducir que el uso de novedosas herramientas tecnológicas en la ciencias de la salud permite superar los procedimientos tradicionales.

Por su parte, Shin, Ryu y Jang (2014), en su investigación, reunieron los requisitos en un sistema de Realidad Virtual para pacientes con accidente cerebrovascular incorporándolo posteriormente al sistema “RehabMaster” lo cual les permitió concluir, que el sistema de realidad virtual resulta viable y seguro para este tipo de pacientes, en tanto, Cho *et al.* (2014), luego de sus estudios acerca de la implementación de la realidad virtual sobre los métodos convencionales concluyeron positivamente sobre la efectividad de esta implementación para recuperar la propiocepción de los pacientes con accidente cerebrovascular.

Llama la atención asimismo, la investigación presentada por Shin *et al.* (2016), quienes a través de un ensayo controlado aleatorio en 46 pacientes que sobrevivieron a un accidente

cerebrovascular, sometieron a la mitad del grupo a terapias con aplicaciones de Realidad Virtual, mientras que al grupo restante a ciclos de terapia convencional, concluyendo finalmente, luego del estudio, que la combinación de terapias con RV y terapia convencional estándar podría ser más efectiva que la rehabilitación convencional.

Con relación al tema tratado, es ineludible citar las reflexiones que traza Elliott, de Bruin y Dumoulin (2016), en su investigación, “los pacientes motivados son más propensos a adherirse al tratamiento y obtener mejores resultados. La rehabilitación de realidad virtual (RV) es un enfoque de tratamiento que incluye juegos de video para mejorar la motivación y el entrenamiento funcional.” (p. 236), lo cual permite deducir que una de las diferencias más notorias de los tratamientos con aplicaciones de Realidad Virtual con respecto a los tradicionales, es la posibilidad de aumentar la motivación y el interés del paciente en ejecutar estos ciclos de fisioterapia a los fines de mejorar su condición.

Expresa por otra parte Levin, Weiss y Keshner (2015), en su investigación:

“El enfoque principal de la rehabilitación para personas con pérdida de movimiento de las extremidades superiores como resultado de una lesión cerebral adquirida, es el reaprendizaje de habilidades motoras específicas y tareas diarias. Este reaprendizaje es esencial porque la pérdida del movimiento de la extremidad superior a menudo resulta en una calidad de vida reducida. Aunque la rehabilitación se esfuerza por aprovechar los procesos neuroplásticos durante la recuperación, los resultados de los enfoques tradicionales para la rehabilitación de las extremidades superiores no han cumplido por completo este objetivo. En contraste, las tareas de entrenamiento enriquecidas, simuladas con una amplia gama de simulaciones basadas en realidad virtual de bajo a alto nivel, pueden usarse para proporcionar práctica significativa y repetitiva junto con retroalimentación saliente, maximizando así los procesos neuroplásticos a través del aprendizaje y la recuperación motora”. (p.415).

Las ideas y reflexiones anteriores permiten inferir que los entornos virtuales concentran un alto potencial por sus cualidades inmersivas, interactivas y de estimulación sensorial a través de sus entornos controlados todo esto para mejorar las circunstancias producto de una discapacidad motora debido a que estimulan la motivación, el aprendizaje cognitivo y de control motor. Asimismo, el desarrollo de ambientes virtuales para los ciclos de rehabilitación en personas con discapacidad muestra ser muy optimistas frente a una nueva gama de dispositivos que involucran al paciente a integrarse a las nuevas tecnologías.

Por su parte, Putrino (2014), enfocó su revisión bibliográfica amalgamando la Realidad Virtual con los sistemas de captura de datos y análisis en línea a lo cual denominó “telerrehabilitación”. Esta mixtura entre ambas tecnologías, de acuerdo con el autor, le permiten al paciente realizar ciclos de fisioterapia a través de aplicaciones de videojuegos y la posterior captura en tiempo real de los datos de usabilidad del sistema, asimismo, a través de líneas dedicadas de datos directamente conectadas al equipamiento, enviar esta información al profesional de rehabilitación, quien en tiempo real, revisará los parámetros de ejecución de los ciclos fisioterapéuticos para conocer si están siendo bien ejecutados y orientados a la mejora del paciente, o por el contrario, hacer las correcciones necesarias. El autor, en su investigación subraya el énfasis de reforzar la seguridad de los datos que son capturados por el sistema y la necesidad de profundizar los esfuerzos en el área estudiada.

Como elemento de consideración, Mulero Palencia (2017), luego de su revisión sistemática acerca de las enfermedades cerebrovasculares y los contextos donde se pueden ejecutar de forma más efectiva los ciclos de rehabilitación, señaló:

“Las enfermedades cerebrovasculares representan una de las principales causas de muerte e invalidez en personas adultas. Por ello, es tan importante el diagnóstico y la aplicación de programas de rehabilitación de forma temprana: el momento de inicio del tratamiento resulta determinante para alcanzar una mayor recuperación funcional”. (p.5).

Asimismo en adición a lo anterior, el autor concluye que los sistemas de terapias tradicionales presentan limitaciones, por lo cual, los ciclos terapéuticos se están volcando a novedosas estrategias propuestas por los entornos de Realidad Virtual cuyos protocolos resultan ser más efectivos. Como producto de su investigación, se desarrolló un sistema con la herramienta “Leap Motion” destinado a personas que han sufrido accidentes cerebrovasculares.

Es menester subrayar que los avances tecnológicos en las ciencias médicas, con énfasis en la rehabilitación de discapacidades, han venido evolucionando de acuerdo a nuevos paradigmas de cultura tecnológica y transformación digital, lo que ha permitido que métodos tradicionales se conviertan en grandes entornos virtuales de apoyo a las necesidades de las personas con deficiencias físicas, es por ello, que la virtualización de escenarios a través de la tecnología de RV amalgamado con dispositivos periféricos como gafas, guantes hápticos, escáneres corporales o Kinect, se convierten en elementos indispensables para esta disciplina médica, y por ende apoya en la motivación para el desarrollo de estas actividades.

Metodología

La metodología de la presente investigación se desplegó apuntalada en el paradigma cualitativo el cual trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su estructura dinámica, aquella que da razón plena de su comportamiento y manifestaciones (Martines, 2006). En cuanto al conocimiento científico surgido como producto de este estudio corresponde a la afirmación positiva de las teorías de la Realidad Virtual y la rehabilitación, a través de la aplicación del método científico, es por ello que el conocimiento generado busca explicar causalmente los fenómenos indagados por medio de las teorías ya mencionadas, y por tanto se concibe a la razón como medio para otros fines; es decir, una razón instrumental. (Perez, 2010).

Por otro lado, busca establecer las relaciones o conexiones existentes entre los fenómenos observados, por lo que igualmente se establece que la observación en la que se incurre es preminentemente objetiva, independiente del sujeto que conoce. El investigador permanece neutral ante la realidad estudiada, con el fin de establecer las relaciones constantes que existen en el fenómeno estudiado, permitiendo prever racionalmente su comportamiento futuro. (Ortecho, 2007).

Atendiendo a estas consideraciones, el propósito de esta investigación reúne el estudio de la Realidad Virtual desde la perspectiva de un conjunto de técnicas de desarrollo de

software y accesorios tecnológicos conducentes al despliegue de juegos serios, como una táctica no convencional para la rehabilitación de personas con discapacidad motora, recurriendo a la obtención de información mediante el uso del método científico para el cumplimiento lógico del objetivo propuesto.

Finalmente, la presente investigación se llevó a cabo alrededor de un estudio bibliográfico con un diseño documental, transaccional empleando las categorías Realidad Virtual y rehabilitación para proyectar una matriz de análisis desde donde poder establecer las relaciones de los tópicos de acuerdo a diferentes autores y en consecuencia poder enmarcar de forma teórica la justificación del uso de los sistemas de RV como novedosas herramientas para la rehabilitación de personas con diversas discapacidades motrices (Tamayo y Tamayo, 2006).

Resultados

Desde hace no más de quince años, se han venido ejecutando firmes esfuerzos en el despliegue de numerosas tecnologías permeando en gran medida las ciencias aplicadas, lo que ha permitido alcanzar importantes avances en el área de la medicina, punto importante de la presente investigación. Es por ello, que a consecuencia de este desarrollo muchos procesos han estado evolucionando con el pasar del tiempo y optimizando su funcionamiento con respecto a las metodologías tradicionales. Es importante subrayar, que uno de los procesos que se ha venido apoyando con estas tecnologías, son las terapias de rehabilitación, con lo cual se ha podido observar cambios importantes con respecto a los métodos tradicionales de ejecución.

Atendiendo a estas consideraciones y focalizado en la temática de la realidad virtual como plataforma para la rehabilitación de personas con discapacidad, se vienen desarrollando y optimizando a lo largo del tiempo los sistemas tradicionales e incluso las tecnologías que hasta hace poco giraban en torno a estos ciclos terapéuticos, para ofrecer mejores beneficios y aumentar la motivación a través de la incorporación de estos ambientes virtuales controlados para ofrecer experiencias inmersivas dinámicas al tiempo de aumentar la motivación.

Los temas tratados indican que los espacios donde ha participado los sistemas de realidad virtual, bien sea inmersiva o semi-inmersiva han ofrecido en muchos casos altos beneficios para los pacientes con discapacidad motora lo que ha delineado un camino a seguir a la hora de implementar esta tecnología como herramienta para mejorar estos ciclos terapéuticos, a tales efectos, el siguiente cuadro referido en la investigación de Molero, Ospina, Quevedo, Montenegro y Castiblanco (2019), muestra las últimas tecnologías en materia de programación de entornos de realidad virtual para discapacitados.

Tabla 1. Entornos de programación para sistemas de realidad virtual.

Entornos de programación	Función
Unity	Es un motor de videojuegos multiplataforma que está disponible para diferentes sistemas operativos como Microsoft, Linux y OS X. Permite compilar aplicaciones en diversas plataformas objetivos tales como Web, Pc, Dispositivos móviles, Smart TV, consolas y dispositivos de realidad extendida (Unity, s.f.)
Blender	Es un sistema informático multiplataforma para modelado, renderización, creación y animación de gráficos en 3 dimensiones. Este software ofrece compatibilidad con Windows, Mac OS, Linux, Android, entre otros. (Blender, s.f.)
C#	Es un lenguaje de programación orientado a objetos creado por Microsoft que se encuentra en su plataforma .NET. Forma parte del estándar ISO/IEC 23270. (Microsoft, s.f.)
JavaScript	Es un lenguaje orientado a objetos, utilizado como interfaz client-side (lado del cliente) que se implementa en navegadores web para optimizar la vista de usuario en plataformas web. Es un software de desarrollo libre. (Javascript, s.f.)
Phyton	Es un lenguaje de programación multiplataforma y multiparadigma, pues, soporta orientación a objetos, desarrollo imperativo y desarrollo funcional. Es un software de desarrollo libre. (Phyton, s.f.)
Unreal Engine	Desarrollado inicialmente como un videojuego en C++, con una implementación adicional para desplegar nuevos escenarios y todo su entorno, más tarde, ese motor adicional fue convertido en un ambiente de desarrollo para programación de videojuegos, entornos 2D y 3D como lo es Unity. Su similitud con Unity no llega hasta allí, ambos permiten desarrollo de videojuegos multiplataforma y manejan el mismo plan de licenciamiento: suscripciones gratuitas para licencias personales y suscripciones de pago para corporativas. (Engine, s.f.)
CryEngine	Admitiendo el desarrollo de videojuegos multiplataforma en C++ y creado por la Corporación Crytek, esta herramienta cuenta con una Suite de aplicaciones que permite desplegar un videojuego completo que incluya: audios, ambientación, escenarios y todo lo necesario para capturar la atención del jugador. (CryEngine, s.f.)

Fuente: Molero, Ospina, Quevedo, Montenegro y Castiblanco (2019).

Es de hacer notar, que los sistemas de realidad virtual actuales cuentan con ambientes que despliegan una vasta experiencia inmersiva, dinámica y controlada, esto debido a la generación y despliegue de sistemas sonoros envolventes y muy visuales para lo cual se necesita de poderosas herramientas de desarrollo capaces de dispersar este tipo de efectos y experiencias sensoriales.

En adición a los referentes anteriores, se muestra la siguiente tabla de los autores antes citados, con los accesorios más utilizados para generar esa interacción inmersiva en los sistemas de realidad virtual.

Tabla 2. Accesorios utilizados en sistemas gamificados para discapacidad.

Dispositivo	Función
Microsoft Kinect	Dispositivo creado por Microsoft para ser utilizado como controlador que permite al usuario interactuar con una consola de video juego sin tener contacto físico con ella, este reconoce gestos, objetos, imágenes y comandos de voz.
Gafas 3D Móvil y Gafas 3D para PC	Son paneles LSD que proyectan imágenes en cada ojo para recrear efectos en 3D. Estas gafas permiten visualizar imágenes en 3 dimensiones en algunas imágenes bidimensionales. Ellas por su parte, tienen diferentes diseños que soportan interfaces tanto móviles como para computadoras, estas últimas, tienen dos controladores manuales que reconocen la posición del usuario.
Leap Motion	Es un dispositivo periférico USB de captura de movimiento. Hace uso de dos cámaras infrarrojas monocromáticas y 3 LED para capturar movimiento a una distancia no superior de un metro. Este dispositivo es utilizado para la captura manual en 3D.
Xtion PRO LIVE	Periférico similar al Kinect de Microsoft y creado por Asus, este equipo permite a los desarrolladores implementar capturas de movimiento y mando por voz, dado que incluye micrófonos en sus laterales. Solo está disponible para computadores. (Asus, s.f.)
DepthSense	Cámara desarrollada por SoftKinetic y distribuida en alianza con Sony, este periférico que ofrece entrada multimodal, es decir, captura de datos en 3D y por voz, contiene un menú de navegación y creado para aplicaciones de alcance corto, medio y largo. Permite la interacción de cuerpo completo, juego sentado y asimétrico y se integra actualmente para TVs y consolas, además, con el SDK isu se puede programar. (Sony, s.f.)
Minoru 3D	La cámara web 3D de Minoru, es una cámara web estereoscópica desarrollada por Promotion and Display Technology. Este periférico se conecta al computador por puerto USB capturando gráficos en 2D y 3D a una resolución que va desde 320x240 píxeles a 800x600 píxeles y captura imágenes a 30 cuadros por segundo. Este dispositivo cuenta 2 sensores VGA 640x480 CMOS, 2 lentes gran angular de alta calidad y un micrófono USB incorporado. (Wikipedia, s.f.)
RealSense	Cámara desarrollada por Intel que permite la detección de imágenes estéreo, esta hace uso de dos cámaras para calcular la profundidad y cuenta con un procesador de visión Intel RealSense D4. Proporciona un procesamiento de 27 millones de píxeles por segundo en espacios reducidos y cuenta con el Intel RealSense SDK 2.0 y las bibliotecas de código abierto multiplataforma para desarrolladores. (Intel, s.f.)
Guantes hápticos	Periféricos que permiten sentir el tacto y peso de un objeto virtual desplegado desde unas gafas 3D. Estos dispositivos traducen las sensaciones táctiles en vibraciones a través de unos activadores repartidos por la palma y dedos del guante que vibran de forma independiente a distintas frecuencias e intensidades. El periférico es multiplataforma y soporta trabajar con Intel, Microsoft, Unity, Leap Motion, Fiware, entre otros. Las marcas más conocidas son Gloveone, Sense glove, DextrES, Haptx, Hands Omni.

Fuente: Molero, Ospina, Quevedo, Montenegro y Castiblanco (2019).

De las evidencias anteriores se desprende que los sistemas de realidad virtual están en sintonía para proveer espacios adecuados hacia el desarrollo de actividades de fisioterapia, sin embargo, otros estudios científicos en torno a los sistemas gamificados con RV y la discapacidad priorizan como en el caso de Meldrum *et al.* (2015), Saposnik, *et al.* (2016), Ferreira Dos Santos, *et al.* (2016), Martínez Pino (2018), Pietrzak, Pullman y McGuire, (2014), Larson, Feigon, Gagliardo y Dvorkin, (2014), Wai, Yee, Ai, Fook-Chong y Tan (2014), que deben realizarse más estudios en este tema, pues se hace necesario delimitar:

- Cuáles ciclos de rehabilitación con terapias son más efectivos que otros.
- Qué terapias deben realizarse en combinación con el método tradicional, y finalmente;
- Las investigaciones no son conclusivas acerca de los beneficios de las terapias con realidad virtual.

Conclusiones

A la luz de los referentes bibliográficos discutidos, donde se pone de manifiesto la experiencia sensorial que produce la RV desde su entorno inmersivo, se precisa que estos ambientes propician una mejora importante que viene dado por nuevos paradigmas de transformación digital hacia escenarios donde se estimulan la motivación, el aprendizaje cognitivo y de control motor, lo cual, brinda una ventaja superior a los métodos convencionales de rehabilitación de deficiencias físicas, apoyando estos supuestos, desde las evidencias discutidas. En consecuencia, los ambientes basados en RV se muestran como un método no convencional viable, donde se recrean escenarios controlados que generan altos estímulos sensoriales mesurables y propician el disfrute debido a su naturaleza envolvente.

La experiencia real es indudablemente positiva de estos mundos virtuales, en contraste con los sistemas tradicionales de rehabilitación, generan sinergias dinámicas sobre el paciente que lo incitan a la ejecución constante de los ciclos de fisioterapia a los fines de superar, en algunas oportunidades su discapacidad, considerando inicialmente que estos períodos de rehabilitación deben ser ejecutados de forma temprana, regular y con la intensidad necesaria.

Estos escenarios complejos que asemejan la realidad misma hacen uso de una gama completa de accesorios para introducir experiencias sensoriales diversas, subrayando los escáneres corporales, que permiten captar el movimiento del cuerpo en 2D y 3D, los guantes hápticos, que recogen el movimiento de las manos y generan retroalimentación sensorial al paciente y por último, las gafas de RV, que apoyada en la estereoscopia, permite formar ante los ojos del espectador una realidad virtual completa.

Haciendo un seguimiento a estos ecosistemas más ecológicos, amigables y seguros, existen sólidas evidencias que manifiestan el uso efectivo de la fisioterapia con sistemas de Realidad Virtual en personas con discapacidad motora, que, a través de un entrenamiento enriquecido, estimulan el reaprendizaje en los procesos neuroplásticos durante la recuperación en aquellos pacientes con una calidad de vida reducida producto de una deficiencia.

Finalmente, la práctica significativa y repetitiva que se logra a través del uso de la RV en los procesos de rehabilitación sugiere que de acuerdo con las ideas y reflexiones expresadas, las fisioterapias con estas novedosas tecnologías incluso en conjunción con los sistemas tradicionales de rehabilitación corresponden con un tratamiento efectivo contra la discapacidad.

Referencias bibliográficas

- Aguilar Gordón, F. (2011). *Reflexiones filosóficas sobre la tecnología y sus nuevos escenarios*. Sophia Colección de filosofía de la educación. doi:<https://doi.org/10.17163/soph.n11.2011.06>.
- Alfageme, B y Sanchez Murcia, P. (2002). *Aprendiendo habilidades con videojuegos*. Revista científica de Comunicación y Educación, 114-119.
- Asus. (s.f.). *Xtion PRO LIVE*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de https://www.asus.com/es/3D-Sensor/Xtion_PRO_LIVE/
- Bergeron, M., Lortie, C y Guitton1,2, M. (2015). *Use of Virtual Reality Tools for Vestibular Disorders Rehabilitation: A Comprehensive Analysis*. Hindawi Publishing Corporation, 9 pages. doi:<http://dx.doi.org/10.1155/2015/916735>.
- Blender. (s.f.). *About*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://www.blender.org/about/>
- Cho, p., Ku, J., Cho, Y., Kim, I., Kang, Y., Jang, D y Kim, S. (2014). *Development of virtual reality proprioceptive rehabilitation system for stroke patients*. Computer Methods and Programs in Biomedicine. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.09.006>
- Choi, Y.-H., Ku, J., Lim, H., Kim, Y y Paik, N.-J. (2016). *Mobile game-based virtual reality rehabilitation program for upper limb dysfunction after ischemic stroke*. Restorative Neurology and Neuroscience. doi:10.3233/RNN-150626
- Corbetta, D., Imeri, F y Gatti, R. (2015). *Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review*. Journal of Physiotherapy. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jphys.2015.05.017>
- Cruz Morales, M., Morales Cárdenas, A y Ayala Ruiz, Á. (2006). *Diseño de productos asistidos por realidad virtual inmersiva*. Ingeniería Mecánica Tecnología y Desarrollo. 2(3), 93-100. Recuperado el 05 de 07 de 2019, de http://revistasomim.net/revistas/2_3/art4.pdf.
- CryEngine. (s.f.). *Technical Documentation*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de (<http://docs.cryengine.com>).
- Elliott, V., de Bruin, E y Dumoulin, C. (2016). *Virtual Reality Rehabilitation as a Treatment Approach for Older Women With Mixed Urinary Incontinence: A Feasibility Study*. Neurourology and Urodynamics, 34:236–243. doi:<https://doi.org/10.1002/nau.22553>.

- Engine, U. (s.f.). *Unreal Engine Features*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://www.unrealengine.com>.
- Ferreira dos Santos, L., Christ, O., Mate, K., Schmidt, H., Kruger, J y Dohle, C. (19 de 12 de 2016). *Movement visualisation in virtual reality rehabilitation of the lower limb: a systematic review*. BioMedical Engineering OnLine. doi:<https://doi.org/10.1186/s12938-016-0289-4>.
- García-Ruiz, M., Bustos-Mendoza, C., Andrade-Aréchiga, M y Acosta-Díaz, R. (2005). *Panorama de la realidad virtual aplicada a la enseñanza de propiedades moleculares*. *COMPUQUÍMICA*, 115-120. Recuperado el 05 de 07 de 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Ricardo_ACOSTA-DIAZ/publication/235344383_Panorama_de_la_realidad_virtual_aplicada_a_la_ensenanza_de_propiedades_moleculares/links/02e7e5388be873771d000000.pdf.
- Gómez Silva, G. (11 de 2017). *Repositorio Institucional-Pontificia Universidad Javeriana-Trabajos de grado (Especializaciones y Pregrados)-Facultad de Educación-Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Humanidades y Lengua Castellana*. Recuperado el 07 de 04 de 2019, de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/34596>
- Guzman, D y Londoño, J. (2016). *Rehabilitación de miembro superior con ambientes virtuales: revisión*. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 37(3), 271-285. doi:<http://dx.doi.org/10.17488/rmib.37.3.8>.
- Intel. (s.f.). *RealSense*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de https://www.intelrealsense.com/stereo-depth/?utm_source=intelcom_website&utm_medium=button&utm_campaign=day-to-day&utm_content=D400_learn-more_button&utm_ga=2.32974526.1086635678.1561994118-574367726.1561994118.
- Javascript. (s.f.). *About*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://www.javascript.com/about>.
- Larson, E., Feigon, M., Gagliardo, P y Dvorkin, A. (01 de 01 de 2014). *Virtual reality and cognitive rehabilitation: A review of current outcome research*. *NeuroRehabilitation*, 34(4), 759-772. doi:<https://doi.org/10.3233/NRE-141078>.
- Laver, K., Lange, B., George, S., Deutsch, J., Saposnik, G y Crotty, M. (2017). *Virtual Reality for Stroke Rehabilitation*. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2017, Issue 11. Art. No.: *CD008349*. doi:10.1002/14651858.CD008349.pub4.
- Levin, M., Weiss, P y Keshner, E. (2015). *Emergence of Virtual Reality as a Tool for Upper Limb Rehabilitation: Incorporation of Motor Control and Motor Learning Principles*. *Physical Therapy*, Volume 95, Issue 3, 1, 415-425. doi:<https://doi.org/10.2522/ptj.20130579>.
- Lopez-Bosh, M., Alonso Pérez, P., Tovar, C., Hernández Martín, M., López Martínez, J., Saura Pérez, Á y Zapatero Guillén, D. (2011). *Las actuales enseñanzas de artes plásticas y Diseño*. (S. G. Técnica, Ed.) España: edicion.gob.es. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=piwbAgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>.

- Luque-Moreno, C., Ferragut-Garcías, A., Rodríguez-Blanco, C., Heredia-Rizo, A., Oliva-Pascual-Vaca, J., KiperPawel y Oliva-Pascual-Vaca, Á. (2015). *Decade of Progress Using Virtual Reality for Poststroke Lower Extremity Rehabilitation: Systematic Review of the Intervention Methods*. BioMed Research International. doi:<http://dx.doi.org/10.1155/2015/342529>
- Martines, M. (2006). *La investigación Cualitativa (síntesis Conceptual)*. IIPSI, 9(1). Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/investigacion_psicologia/v09_n1/pdf/a09v9n1.pdf.
- Martínez Pino, M. (2018). *Realidad virtual en la rehabilitación motora de la mano en pacientes postictus*. Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación.
- Matt C, H. (2017). *A Meta-Analysis and Systematic Literature Review of Virtual Reality Rehabilitation Programs*. Computer in Human Behavior. doi:10.1016/j.chb.2017.01.013
- Meldrum, D., Herdman, S., Vance, R., Murray, D., Malone, K., Duffy, D., . . . McConn-Walsh, R. (2015). *Effectiveness of conventional versus virtual reality-based balance exercises in vestibular loss: Results of a randomized controlled trial*. 2015 American Congress of Rehabilitation Medicine, 96, págs. 1319-1328.e1. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.02.032>.
- Microsoft. (s.f.). C#. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/>.
- Molero Suárez, L., Batista, J y Puentes, M. (2019). *Transformación digital desde la cultura tecnológica en las instituciones de educación superior del estado zulía*. Consensus, Santiago de Chile, Chile.
- Molero Suárez, L., Ospina Rodríguez, P., Ayala Escobar, E y Lozano Rojas, H. (2019). Discapacidad motora y la rehabilitación desde los ambientes virtuales basados en Kinect. En L. Molero Suárez, P. Ospina Rodríguez, E. Ayala Escobar, y H. Lozano Rojas, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VI. (págs. 174-186). Bogotá Colombia: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero Suárez, L., Ospina Rodríguez, P., Quevedo, M., Montenegro, J y Castiblanco, L. (2019). Gammig, una estrategia para la rehabilitación de personas con discapacidad. En L. Molero Suárez, P. Ospina Rodríguez, M. Quevedo, J. Montenegro, y L. Castiblanco, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VI. (págs. 134-144). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero Suárez, L., Villarraga , M., Inciarte, V., Molero, L y Rodríguez , D. (2019). Dimensiones de la responsabilidad social como estrategia de compromiso corporativo en la educación superior. En L. Molero, M. Villarraga, V. Inciarte, L. Molero, & D. Rodríguez, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una*

visión desde Latinoamérica. Volumen VIII. Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.

- Molero Suárez, L., Villarraga, M., Molero, L., Inciarte, V y Sosa, A. (2019). Responsabilidad social como factor multidimensional para concientizar a empresarios sobre su importancia e influencia en empresa, gobierno y sociedad. En L. Molero, M. Villarraga, L. Molero, & A. Sosa, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VII. (págs. 156-164). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Mulero Palencia, S. (2017). *Rehabilitación motora con instrumentos musicales en entorno virtual (Tesis pregrado)*. Valladolid.
- Ortecho. (2007). *Ciencia y tecnología para el hábitat popular*. Editorial Granice.
- Ospina Rodríguez, P., Molero Suárez, L., Lozano, H., Becerra, Y y Ruiz, J. (2019). Capital intelectual y responsabilidad social en entornos de programación de realidad virtual. En P. E. Ospina Rodríguez, L. Molero Suárez, H. Lozano, Y. Becerra, & J. Ruiz, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VII. (págs. 74-84). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Pedroli, E., Serino, S., Cipresso, P., Pallavicini, F y Riva, G. (2015). *Assessment and rehabilitation of neglect using virtual reality: a systematic review*. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. doi:10.3389/fnbeh.2015.00226.
- Perez. (2010). *Enfoques metodológicos*. Editorial La Salle.
- Python. (s.f.). *Beginners Guide*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://wiki.python.org/moin/BeginnersGuide>.
- Pietrzak, E., Pullman, S y McGuire, A. (2014). *Using Virtual Reality and Videogames for Traumatic Brain Injury Rehabilitation: A Structured Literature Review*. *Games for Health Journal*, 3(4). doi:<https://doi.org/10.1089/g4h.2014.0013>.
- Pinilla, I. (2017). *Juego serio para terapias de rehabilitación motora y cognitiva con realidad virtual (Tesis de pregrado)*. Valladolid.
- Putrino, D. (2014). *Telerehabilitation and emerging virtual reality approaches to stroke rehabilitation*. *Current Opinion in Neurology*, 27(6):631–636. doi:10.1097/WCO.0000000000000152.
- Raigoza, A., Alvis, P., Sánchez, D y Giraldo, F. (2017). Prototipo basado en técnicas de Realidad Virtual semi-inmersiva para la enseñanza de Cálculo Multivariado y Vectorial en estudiantes de Ingeniería. *12mo Congreso Colombiano de Computación (12CCC)At: Cali*. Recuperado el 05 de 07 de 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Faber_D_Giraldo/publication/320171209_Prototipo_basado_en_tecnicas_de_Realidad_Virtual_semi-inmersiva_para

la_ensenanza_de_Calculo_Multivariado_y_Vectorial_en_estudiantes_de_Ingenieria/links/59d270c24585150177f637a1/Pr.

- Saposnik, G., Cohen, L., Mamdani, M., Pooyania, S., Ploughman, M., Cheung, D., . . . Bayley, M. (27 de 06 de 2016). *Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial*. The LANCET Neurology, 15(10), 1019-1027. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422\(16\)30121-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422(16)30121-1).
- Shin, J.-H., Kim, M.-Y., Lee, J.-Y., Jeon, Y.-J., Kim, S., Lee, S., . . . Choi, Y. (2016). *Effects of virtual reality-based rehabilitation on distal upper extremity function and health-related quality of life: a single-blinded, randomized controlled trial*. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 13:17. doi:DOI 10.1186/s12984-016-0125-x
- Shin, J.-H., Ryu, H., & Jang, S. (2014). *A task-specific interactive game-based virtual reality rehabilitation system for patients with stroke: a usability test and two clinical experiments*. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. doi:<https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-32>.
- Sony. (s.f.). *Sony Depthsensing Solutions*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://www.sony-depthsensing.com/Depthsense/Markets/Gaming>.
- Standen, P., Threapleton, K., Connell, L., Richardson, A., Brown, D., Battersby, S., . . . Platts, F. (2015). *Patients' Use of a Home-Based Virtual Reality System to Provide Rehabilitation of the Upper Limb Following Stroke*. Physical Therapy, Volume 95, Issue 3, 1 , Pages 350–359. doi:<https://doi.org/10.2522/ptj.20130564>.
- Tamayo y Tamayo, M. (2006). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa.
- Unity. (s.f.). *Documentation*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de https://docs.unity3d.com/Manual/index.html?_ga=2.40452706.1783049006.1561990457-1491597469.1561990457.
- Viñas-Diz y Sobrido-Prieto, M. (2016). *Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: revisión sistemática*. NEUROLOGÍA, 31:255—277. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2015.06.012>
- Wai Yin, C., Yee Sien, N., Ai Ying, L., Fook-Chong Man Chung, S y Tan May Leng, D. (6 de 05 de 2014). *Virtual reality for upper extremity rehabilitation in early stroke: a pilot randomized controlled trial*. SAGE, 28(11), 1107-1114. doi:<https://doi.org/10.1177/0269215514532851>.
- Wikipedia. (s.f.). *Wikipedia Minoru 3D Webcam*. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de https://en.wikipedia.org/wiki/Minoru_3D_Webcam.

CAPÍTULO II

MÉTODOS PARA OPTIMIZAR TRATAMIENTOS FISIOTERAPÉUTICOS EN PACIENTES CON MOVILIDAD REDUCIDA EN LA ZONA CERVICAL

Pablo Emilio Ospina Rodríguez

Magister en Ingeniería Electrónica. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana, Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: peospinar@unipanamericana.edu.co.

Luis Guillermo Molero Suárez

Doctor en Ciencias Gerenciales. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana, Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: lmolero@unipanamericana.edu.co.

Luis Daniel Castiblanco Rosero

Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana, Avenida (calle) 32 No. 17-13, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: ldanielcastiblanco@unipanamericana.edu.co.

Judeira Batista De Abreu

Doctora en Ciencias Gerenciales. Uniguajira, G47J+F7 Divisa, Riohacha, La Guajira, Colombia. Correo electrónico: jjbatista@uniguajira.edu.co.

Claudia Patricia Ramírez Triana

Máster en Dirección Estratégica en Tecnologías de la Información. Fundación Universitaria del área Andina, Carrera 14A No.70 A-34, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: cramirez117@areandina.edu.co.

Resumen

El propósito cardinal de la presente investigación fue estudiar algunas consideraciones para la optimización de terapias tradicionales tendientes a la recuperación de la movilidad y el tratamiento del dolor en el área cervical. El estudio se fijó en la costumbre epistemológica racionalista, el tipo de investigación por su parte fue documental, transaccional con un diseño no experimental. Sobre la base de las ideas expuestas, se muestran los constructos referentes a Fisioterapia a manera de establecer un punto de partida para el desarrollo de las categorías. Para lograr lo anteriormente expuesto, en el contenido se analizó a detalle los siguientes puntos: 1) Fisioterapia, 2) Terapia fisioterapéutica, 3) Zona cervical, 4) Semiología cervical y 5) Degeneración discal. La revisión bibliográfica desprendió los constructos teóricos acerca del área cervical, sus partes y patologías y por otra parte el

quehacer de la fisioterapia, sus alcances y las técnicas y metodologías a su alcance. Tras esta primera parte de conceptualización, soportada en (Acefit, Ascofi, Ascofafi & Colfi, 2015), (Xhardez, 2010), (De las Peñas & Ortiz, 2019), (Bridon, Bertin & Déat, 2015), (Oliveira y otros, 2018), (Prentice, 2017), entre otros, posteriormente se exhiben las ideas centrales de los escritos que se consideraron más representativos sobre el contraste de efectividad entre diversas técnicas empleadas para el tratamiento y recuperación de movilidad en la zona cervical. Como conclusión, la investigación a través de la revisión bibliográfica afirma que la optimización de las terapias asociadas a la recuperación de movilidad de la zona cervical debería contar con ciertas características del tratamiento fisioterapéutico tradicional, en aras, de la mejora progresiva del paciente.

Palabras clave: cervicalgia, dolor de cuello, fisioterapia, kinesioterapia.

METHODS TO OPTIMIZE PHYSIOTHERAPEUTIC TREATMENTS IN PATIENTS WITH REDUCED MOBILITY IN THE CERVICAL AREA

Abstract

The cardinal purpose of the present investigation was to study some considerations for the optimization of traditional therapies aimed at the recovery of mobility and the treatment of pain in the cervical area. The study was based on the rationalist epistemological custom, the type of investigation was documentary, transactional with a non-experimental design. On the basis of the ideas presented, the constructs referring to Physiotherapy are shown in order to establish a starting point for the development of the categories. To achieve the above, the content analyzed in detail the following points: 1) Physiotherapy, 2) Physiotherapy, 3) Cervical area, 4) Cervical semiology and 5) Disc degeneration. The bibliographic review detached the theoretical constructs about the cervical area, its parts and pathologies and on the other hand the task of physiotherapy, its scope and the techniques and methodologies within its reach. After this first part of conceptualization, supported in (Acefit, Ascofi, Ascofafi & Colfi, 2015), (Xhardez, 2010), (De las Peñas & Ortiz, 2019), (Bridon, Bertin & Déat, 2015), (Oliveira, and others, 2018), (Prentice, 2017), among others, the central ideas of the writings that were considered most representative on the contrast of effectiveness between various techniques used for the treatment and recovery of mobility in the area are subsequently exhibited cervical. In conclusion, the research through the literature review states that the optimization of therapies associated with the recovery of mobility of the cervical area should have certain characteristics of the traditional physiotherapeutic treatment, for the sake of progressive patient improvement.

Keywords: cervicalgia, kinesiotherapy, neck pain, physiotherapy.

Este capítulo es resultado de un proyecto de investigación intitulado “Desarrollo de Suite Interactiva con fines de rehabilitación para personas con movilidad reducida” que se encuentra ya finalizado.

Institución financiadora: Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana bajo el Código del Proyecto SIGP/Código entidad financiadora número PI242019.

Introducción

Actualmente, una mejora considerable en la calidad de vida se ha venido logrando a través del despliegue de novedosas tecnologías, por lo cual, día a día se incrementa la esperanza de vida de la población en general. En contraste, a pesar de la configuración de nuevos elementos tecnológicos como parte de la transformación digital en el quehacer de la salud (Molero, Batista y Puentes, 2019), (Molero, Ospina, Ayala y Lozano, 2019), (Molero, Ospina, Quevedo, Montenegro y Castiblanco, 2019) o como estrategia desde la responsabilidad social corporativa (Molero, Villarraga, Inciarte, Molero y Rodríguez, 2019), (Molero, Villarraga, Molero, Inciarte y Sosa, 2019), (Ospina, Molero, Lozano, Becerra y Ruiz, 2019), aún persiste el deterioro en pacientes de mayor edad, particularmente, en su salud osteomuscular que en algunos casos requiere de técnicas invasivas, tales como, implante de prótesis artificiales, entre otros. No obstante, existen técnicas tradicionales poco invasivas, como es el caso de la fisioterapia, que permiten la fácil recuperación del paciente y en muchos casos su rehabilitación sin necesidad de requerir una intervención quirúrgica o técnicas novedosas. Por otra parte, el agitado ritmo de vida, el sometimiento del cuerpo a largas jornadas de trabajos repetitivos, en ocasiones lleva al deterioro prematuro de las articulaciones o la aparición de afecciones en tendones, ligamentos o músculos.

Por tanto, un tratamiento fisioterapéutico tradicional adecuado, puede prevenir este tipo de complicaciones. Si bien una afección como la del túnel carpiano es una de las más frecuentes y puede dejar secuelas, es importante resaltar otras afecciones de mayor impacto en la calidad de vida del paciente, como lo pueden ser las afecciones en la zona cervical, cuya aparición tanto en forma crónica como transitoria, afectan la calidad de vida y el desempeño profesional, teniendo en cuenta además, que es una alteración en la movilidad que afecta cerca de un 10% de la población adulta (Gross, 2006), y que se ha convertido en una molestia, alguna vez en la vida, para el 80% de la población mundial. Por lo tanto, de acuerdo con el conjunto de evidencias mostradas a manera de ilustración, la presente investigación tiene como propósito estudiar algunas consideraciones para la optimización de las terapias tradicionales tendientes a la recuperación de movilidad y tratamiento de dolor del área cervical.

Fundamentación teórica

Con el fin de facilitar la comprensión del desarrollo y resultados de la investigación, es necesario contextualizar al lector sobre los conceptos y temáticas que subyacen al desarrollo del mismo.

Fisioterapia

Las prácticas de fisioterapia como disciplina en relación con la salud, se centran como menciona Guerra (2018), en la realización de tratamientos no basados en fármacos,

mediante los cuales se busca la rehabilitación de afecciones de tipo músculo esqueléticas y posturales, a la vez que trata de reducir el dolor producido por este tipo de afecciones, así como prevenir su aparición. Este tipo de lesiones pueden presentarse por accidentes o sobreesfuerzo, aunque también pueden aparecer por malas posturas o posiciones estáticas mantenidas por períodos prolongados de tiempo.

Según los autores Acefit, Ascofi, Ascofafi y Colfi (2015), un fisioterapeuta, se encuentra en capacidad de cumplir con las siguientes funciones:

- Examinar y evaluar la situación osteomuscular de un paciente.
- Evaluar el examen realizado y emitir un diagnóstico.
- Remitir al paciente según sea necesario, a otro tipo de especialista.
- Diseñar un plan de tratamiento acorde a las necesidades del paciente.
- Evaluar los resultados de un tratamiento fisioterapéutico.
- Realizar recomendaciones para el auto cuidado.

Los campos de desempeño de la fisioterapia, según lo contemplado en Hurtado y Martínez (2014), a la luz de lo expresado por la confederación mundial de fisioterapia, son:

- Promoción de la salud.
- Prevención de la enfermedad.
- Asistencia terapéutica, habilitación y rehabilitación.
- Educación.
- Administración.
- Gestión.
- Investigación.
- Área de desempeño laboral.

Cabe además resaltar el lugar privilegiado que tiene la fisioterapia como apoyo a las actividades deportivas, donde acorde a la información acopiada por (Melnick, 2016), se ocupa del tratamiento de lesiones como:

- Torceduras de articulaciones (que generan distensión o rasgadura de ligamentos).
- Desgarre muscular.
- Fisuras óseas.
- Rehabilitación de pre y post operatorio (como en operaciones de ligamento cruzado y manguito rotador, entre otros)
- Lesiones biomecánicas como: tendopatías (inflamación tendonal).

Terapias fisioterapéuticas

- **Kinesioterapia o Cinesiterapia:** Es el método más representativo en el campo de la fisioterapia (Xhardez, 2010), este consiste en la realización de movimientos con o sin asistencia del fisioterapeuta y repercuten positivamente en la recuperación osteomuscular del paciente.

- **Kinesioterapia Activa:** En este tipo de terapia, el paciente realiza los movimientos bajo la orientación del fisioterapeuta, según el grado de asistencia en la realización del movimiento, expresa De las Peñas y Ortiz (2019), puede ser asistida (el paciente recibe asistencia en la realización del esfuerzo), libre (la asistencia al paciente se limita a la guía de su movimiento), resistida (se emplea peso o bandas elásticas que generan fuerzas contrarias a las del movimiento a realizar).
- **Kinesioterapia Pasiva:** Estas terapias se centran en la rehabilitación articular, donde el paciente permite el libre movimiento que ha de realizar el fisioterapeuta, el cual puede incluir diferentes interacciones durante el desarrollo, como las descritas por Bridon, Bertin y Déat (2015): ejercer presiones, tracciones, torsiones y flexiones, basándose para esto en el protocolo diagnóstico previamente realizado.
- **Mecanoterapia:** Se trata de facilitar mediante artilugios mecánicos, la realización de diversos tipos de terapias (Oliveira *et al.*, 2018), controlando el rango y dirección del movimiento a realizar. Estos aparatos, están dirigidos a optimizar el aprovechamiento de un tipo específico de terapia, a la vez que incrementan el nivel de seguridad al acortar el rango de movilidad y esfuerzo del paciente.
- **Punción Seca:** Su desarrollo consiste en la estimulación de los denominados puntos gatillo, los cuales facilitan la relajación o activación muscular según sea el caso (Dommerholt y Fernandez, 2018), para realizar dicha estimulación, se emplean agujas que pueden tener alta o baja penetración según las necesidades de la terapia, al no introducirse ningún tipo de líquido con el uso de estas agujas, se dice que es un tipo de punción seca.
- **Electro Estimulación:** Consiste en el aprovechamiento de los efectos biológicos y fisiológicos que tiene la aplicación de corriente eléctrica en zonas específicas del cuerpo (Martínez, 2006), la duración, amplitud y frecuencia de esta corriente, modifica el efecto obtenido, pudiéndose centrar en la tonificación mediante la excitación muscular (EMS), o en las propiedades analgésicas de la corriente al excitar las terminaciones nerviosas (TENS). A pesar de que normalmente este tipo de terapias son no invasivas, pueden ser combinadas con la punción seca.
- **Terapia Miofascial:** Consiste en una terapia manual para los desórdenes comunes que afectan al aparato locomotor. Para ello, el fisioterapeuta utiliza suaves estiramientos, presiones sostenidas y una postura especial para lograr los cambios en el desenvolvimiento mecánico del cuerpo y de esta forma aliviar el dolor. (Jiménez, Martínez, Quesada y López, 2018).
- **Termoterapia:** Consiste en alterar la temperatura, focalizándose en determinadas áreas del cuerpo mediante la aplicación de frío o calor, con el fin de producir diferentes efectos como se menciona en Montes, Vicuña, Villalgorido y Marín, (2011), como pueden ser: 1) antiinflamatorios, 2) analgésicos, 3) de oxigenación celular, 4) para promover la regeneración celular y tisular.

En este respecto, los métodos de aplicación son bastante variados, abordándose algunos en Prentice (2017), pero a nivel general, se encuentran los siguientes:

- **Conducción:** la transferencia de calor (generación de frío o calor) se realiza por el contacto directo de un elemento sólido con una diferencia de temperatura apreciable con respecto a la de la zona a tratar.

- **Convección:** se realiza al contacto del cuerpo con elementos líquidos, este tipo de método permite la aplicación de temperatura en zonas más internas del cuerpo, suelen ser más adecuados para la relajación muscular, la desinflamación y especialmente para el aumento de la circulación sanguínea.
- **Conversión:** Parte, del principio de conservación de la energía mediante la aplicación de un tipo de energía y su transformación en forma de calor, en ese sentido, existen múltiples formas de aplicación, desde métodos manuales como la fricción hasta el empleo de aparatología especializada, como sistemas ultrasónicos, electromagnéticos e infrarrojos, la ventaja de este método de aplicación es su alta precisión en la aplicación, así como buen nivel de penetración en el tejido.

Zona cervical

La zona cervical, comprende las 7 vértebras de la columna vertebral que dan sustento al cuello, uniendo la base del cráneo, con el resto del cuerpo, como se muestra en la figura 1:

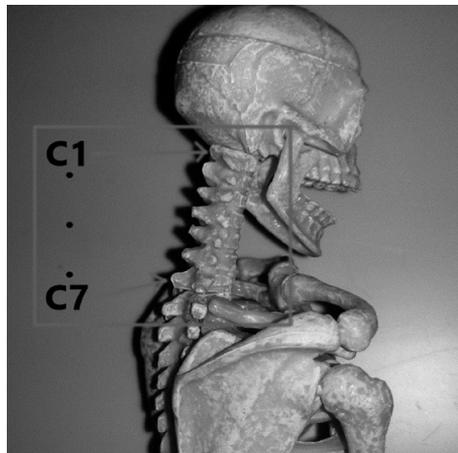


Figura 1. Vértebras de la zona cervical.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Esta zona, funciona como una estructura flexible, que da movilidad al cuello y permite la orientación dinámica de la cabeza, sus 7 vértebras, están enumeradas como C1 o Atlas (la que está anclada al cráneo), C2 o axis y las vértebras C3 a C7, esta última conocida como vértebra prominente, que se une con la primera vértebra (C8) del área torácica. Este conjunto actúa como un túnel a través del cual pasan los nervios cervicales (C1 a C7) y el drenaje venoso, que irriga al cerebro. Cada vértebra cuenta con un vacío óseo que actúa como un túnel a través del cual se encuentra el conducto raquídeo, en el cual se encuentra la médula espinal, que es uno de los conductores nerviosos más importantes, ya que interconecta al

encéfalo con el resto del cuerpo, es decir, este es el puente que permite que los impulsos motrices cerebrales se transmitan a los músculos así como retornar las sensaciones que las terminaciones nerviosas recogen en el cuerpo, hacia la corteza somatosensorial en el cerebro.

Entre cada vertebra a modo de amortiguación y separación, están los discos intervertebrales, compuestos por un anillo fibroso y un centro pulposo, esta zona cervical, también cuenta con ligamentos que aportan cohesión entre ellas para formar la cadena de vértebras cervicales, su flexibilidad está dada a su vez por las llamadas articulaciones facetarias que le permiten amortiguar la presión axial, manteniendo la capacidad de flexión sobre los planos sagital y frontal así como la rotación sobre el plano transversal.

Semiología cervical

La semiología busca categorizar diferentes síntomas, con el fin de diagnosticar las causas de estos síntomas, en particular para el área cervical, el dolor generado por alguna patología sobre esta zona es conocido como cervicalgia, este dolor puede extenderse sobre los músculos asociados al movimiento del cuello, como el músculo esternocleidomastoideo, trapecio y esplenio, entre otros. (Ver figuras 2 y 3).

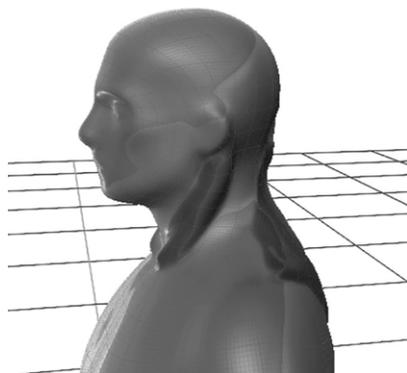


Figura 2. Músculos de la zona cervical.

Fuente: Elaboración propia (2019).

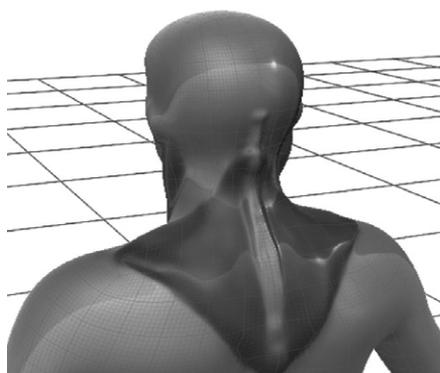


Figura 3. Músculos de la zona cervical.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Las mialgias (dolor muscular) sobre el músculo trapecio, son una de las fuentes comunes de dolor de espalda, en general causado por la recurrencia en malas posturas, sobre esfuerzos musculares o estrés.

Esto se puede presentar por la falta del riego sanguíneo generado por la contractura de los músculos asociados, además se genera una presión constante sobre las vértebras de la

zona cervical, lastimando e incluso a mediano plazo desgastando los discos Inter cervicales, esta presión puede obstruir el riego sanguíneo de la arteria vertebral (que irriga al oído interno), expresándose sintomáticamente como una sensación de mareo continuo y dolor de cabeza, acompañado de la rigidez constante del trapecio e incluso hipersensibilidad a la luz.

La causa de estas contracturas musculares puede provenir, como se mencionó anteriormente, de un elevado nivel de estrés, que puede afectar al hígado, reflejándose en el tensionamiento del trapecio derecho, una afección en el funcionamiento del estómago, la cual puede repercutir en el trapecio izquierdo, o una patología en la vesícula (que puede ser causada por estrés) de igual manera puede generar mialgia en la base izquierda de la nuca.

Otra fuente recurrente de este tipo de aflicciones musculares es un traumatismo generado por extensión o flexión extrema del cuello, esta lesión puede presentarse por un movimiento muy brusco del cuello o con mayor frecuencia por accidentes deportivos o automovilísticos, como un choque en la parte posterior del automóvil. La intensidad de la lesión puede variar desde un ligero desgarre muscular y/o de ligamentos, fracturas óseas y hasta afecciones a nivel nervioso. Es de gran relevancia que el tratamiento fisioterapéutico se empiece con la mayor prontitud posible, para evitar que estas lesiones se conviertan en enfermedades crónicas, algunos de los síntomas de este tipo de trauma son:

- Pesadez muscular.
- Contracturas (tensión muscular constante).
- Dolor de cabeza y/o cuello.
- Mareo.

Es posible que en una primera instancia se recete la inmovilización de la zona cervical mediante una férula para cuello, tras lo cual será necesario emplear terapias orientadas a la rehabilitación de la movilidad del cuello y la recuperación del tono muscular.

Degeneración discal

Estudios recientes relacionan esta condición con el desgaste natural del cuerpo producido por el paso del tiempo y el proceso natural del envejecimiento corporal y celular, más que con una enfermedad.

La degeneración según (Fransoo, 1998), es una alteración de la forma natural de los discos intervertebrales, este tipo de afección se manifiesta con una sensación de dolor punzante al permanecer sentado por largos períodos de tiempo o durante un cambio de posición, por contraparte el dolor se reduce estando acostado o caminando, este tipo de trastorno osteomuscular ha sido categorizado en cinco tipologías recurrentes:

- **Pérdida de flexibilidad y/o resquebrajamiento:** Los discos intradiscales pierden su flexibilidad tornándose rígidos, esto puede darse por una acumulación de calcio al interior del disco.
- **Protrusión discal:** Consiste en el abultamiento del disco, producido por traumatismos severos o envejecimiento del mismo, casos en los cuales, el centro gelatinoso del disco se desplaza hacia los límites del disco modificando su tamaño hacia los límites

del mismo, no son necesariamente dolorosos, pero su deformación puede provocar presión sobre nervios o flujo sanguíneo, lo que conlleva al adormecimiento de las manos o los brazos, pérdida de fuerza e incluso dolor crónico. Algunos factores de riesgo para su ocurrencia son la obesidad, la edad y la falta de actividad física.

- **Hernia discal:** Esta se manifiesta generalmente en pacientes de 30 a 50 años de edad, siendo una deformación del disco intradiscal, producida por el rasgamiento de las membranas que envuelven el núcleo pulposo del disco, apareciendo como una burbuja o protuberancia que emerge del propio disco intradiscal, se producen normalmente entre las uniones de las vértebras C5-C6 y C6-C7, este abultamiento comprime el recorrido nervioso de la columna produciendo efectos como: dolor y hormigueo en el brazo, pérdida de sensibilidad, hasta parestesia profunda.
- **Pérdida de grosor:** Con el paso del tiempo y dado el desgaste propio de la actividad física, los discos se hacen más delgados presentándose así la artrosis vertebral, a pesar de ser algo natural, puede darse del pinzamiento de algún nervio situación conocida como radiculopatía, en la que se presiona la raíz de un nervio entre dos vértebras generando dolor. La pérdida de grosor también facilita el roce indebido entre las vértebras, produciendo inflamación y en casos más complejos, deformando las áreas de contacto.
- **Formación de osteofitos:** Los osteofitos son deformaciones en las vértebras producidas por acumulación de calcio y aparición de espolones o protuberancias óseas, generadas por el mismo organismo como un intento de compensar la pérdida de estabilidad del área cervical y la aparición de fricción excesiva en las articulaciones planares de la columna, si bien esto no es doloroso, sí conlleva a varias patologías que producen inflamación dolor y aceleran el deterioro de las vértebras.
- **Artrosis discal cervical:** Se trata del proceso de desgaste de los cartílagos que protegen las vértebras cervicales, proceso que, en determinado punto de avance, afectará la estructura ósea del área cervical, reduciendo el espacio existente entre los nervios y la medula espinal, esto genera presión sobre los nervios, esta patología se acompaña frecuentemente por dolor de cabeza, pérdida de equilibrio, dolor crónico de cuello, rigidez y movilidad limitada en el cuello.

Metodología

La metodología de la presente investigación giró en torno al paradigma cualitativo, el cual trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su estructura dinámica, aquella que da razón plena de su comportamiento y manifestaciones (Martines, 2006). En cuanto al conocimiento científico surgido como producto de este estudio corresponde a la afirmación positiva de las categorías Fisioterapia, Terapias fisioterapéuticas, Zona cervical, Semiología cervical, y Degeneración discal, a través de la aplicación del método científico, es por ello que el conocimiento generado busca explicar causalmente los fenómenos indagados por medio de las teorías ya mencionadas, y por tanto se concibe a la razón como medio para otros fines; es decir, una razón instrumental. (Perez, 2010).

Por otro lado, busca establecer las relaciones o conexiones existentes entre los fenómenos observados, por lo que igualmente se establece que la observación en la que se incurre es

preminentemente objetiva, independiente del sujeto que conoce. El investigador permanece neutral ante la realidad estudiada, con el fin de establecer las relaciones constantes que existen en el fenómeno estudiado, permitiendo prever racionalmente su comportamiento futuro. (Ortecho, 2007).

Por lo tanto, el propósito de esta investigación reúne el estudio de los métodos tradicionales para tratamientos fisioterapéuticos en pacientes con movilidad reducida en la zona cervical, a los fines, de optimizar estos escenarios a través de una serie de consideraciones como resultado de la revisión sistemática a la bibliografía estudiada.

Finalmente, la presente investigación se llevó a cabo alrededor de un estudio bibliográfico con un diseño documental, transaccional empleando las categorías Fisioterapia, Terapias fisioterapéuticas, Zona cervical, Semiología cervical, y Degeneración discal, para proyectar una matriz de análisis desde donde poder establecer las relaciones de los tópicos de acuerdo a diferentes autores y en consecuencia poder enmarcar de forma teórica la justificación acerca de las consideraciones para la optimización de terapias tradicionales tendientes a la recuperación de la movilidad y el tratamiento del dolor en el área cervical (Tamayo y Tamayo, 2006).

Resultados

Tras la minuciosa revisión bibliográfica de textos científicos en torno al tratamiento de afecciones cervicales, especialmente aquellos que parten de casos documentados, levantamiento informativo de diversas experiencias y estudios relacionados con el tratamiento de traumatismos y patologías sobre la zona cervical, centrado particularmente en los cuadros parastésicos y de pérdida o reducción de la movilidad, fue posible encontrar los siguientes métodos y factores relevantes para la mejora de los resultados en este tipo de tratamientos.

Como es de suponer, el desarrollo de un tratamiento adecuado es claramente benéfico en casos de cervicalgia y en general en problemas relacionados con la zona cervical de la columna, sin importar si sus causas provienen de algún accidente, patologías sobre los discos intervertebrales, afecciones musculares o problemas osteo articulares, como muestra de esta influencia benéfica de los tratamientos fisioterapéuticos, se encuentra el artículo escrito por Tamayo, Bravo, Fernández, Coronados y Pérez (2018), en el cual se da cuenta de la comparación entre la mejora de la calidad de vida de pacientes con cervicalgia mecánica, de un promedio de 33.5% en el test estandarizado de calidad de vida, pero tras 20 sesiones de terapia, empleando diversas técnicas de fisioterapia, entre ellas los ejercicios de Charriere-Cervical, el promedio del test aplicado a los pacientes, arrojó una media de 65,4%, es decir se obtuvo una mejoría en la calidad de vida de los pacientes del 31,9%, adicionalmente, hubo una percepción positiva del tratamiento y sus efectos en un 88% de los pacientes tratados, demostrando el efecto positivo, tanto a nivel osteomuscular, como anímico de los pacientes.

Una técnica recurrente en los tratamientos fisioterapéuticos de columna en general es la tracción, la cual consiste en la elongación de la columna mediante fuerzas externas, esta técnica en particular, muestra cierto nivel de mejoría del paciente, sin embargo no tiene

efectos más relevantes que los obtenidos con otro tipo de técnicas manuales (Romeo *et al.*, 2018), como la movilización de articulaciones y los masajes de relajación.

Por otra parte el estudio de Hidalgo *et al.* (2018), alude a la efectividad combinada del empleo de terapias manuales acompañadas de ejercicios activos, que al ser planteadas como una terapia conjunta, obtienen mejores resultados que la aplicación de solo una de las dos.

Según lo observado por Antúnez *et al.* (2017), los tratamientos aislados y personalizados tienen una efectividad notablemente mayor a la de las terapias grupales tanto en sus beneficios inmediatos (percepción del paciente tras una terapia), como en la reducción del tiempo total de rehabilitación y el alcance obtenido. Por su parte, el estudio realizado por Villota-Chicaíza y Fernández-Niño (2018), muestra que las terapias centradas en el uso de vendaje neuromuscular no representan un avance significativo respecto a otras metodologías más clásicas como las terapias kinestésicas.

Para Gómez-Conesa, Sánchez y Méndez (2003), tras el estudio de casos clínicos de cervicalgia idiopática (sin razón conocida de su aparición) crónica y/o aguda, no se encontró evidencia contundente que apunte a algún beneficio en el empleo de termoterapia, ultrasonido, EMG, tracción mecánica o TENS. Sin embargo, sí se logró establecer el efecto benéfico de aplicar ejercicios de propiocepción y movilidad articular.

Ratificando este hallazgo, en el trabajo de Wong *et al.* (2016), afirma que entre diferentes tipos de terapias como la aplicación de calor, frío, electropuntura, ultrasonido entre otras tantas, no representan un impacto considerable en la mejoría del paciente, en comparación con la movilización y manipulación de las articulaciones cervicales y en general el masaje clínico, son las técnicas que muestran mayor beneficio para la mejoría del paciente.

Particularmente sobre el tema de la electroterapia, en la publicación de Albornoz-Cabello, de la Cruz-Torres y Barrios-Quinta (2019), se afirma que si bien con el uso de electroterapias como EMG y TENS, se obtienen mejores resultados que los obtenidos con placebos de control, los resultados no alcanzan el de las terapias de movilización de articulación, tanto activas como pasivas, sin embargo se hace la aclaratoria en el estudio de que a pesar de su extendido uso, no existe una cantidad sustancial de casos documentados y en la mayoría de casos no se aplican criterios de valoración estandarizados que permitan una correcta comparación de resultados.

De un estudio sobre 21 casos documentados de rehabilitación de distonía cervical, realizado por Ferrer *et al.* (2017), se logró llegar a la recomendación de realizar inicialmente ejercicios guiados de relajación, estiramiento y propiocepción, para continuar con el tratamiento pero enfocándose en la auto rehabilitación, es decir, que el paciente continúe su tratamiento con los ejercicios previamente aprendidos, pero sin la participación directa del fisioterapeuta en esta etapa, este tratamiento en dos etapas (guiada y autónoma) fomenta el desarrollo y recuperación de la neuro plasticidad del paciente.

Respecto a qué enfoque seguir o bajo cuál corriente de tratamiento kinesiológico es el más eficiente para el desarrollo de las fisioterapias a realizar, fue posible encontrar los siguientes referentes:

Pavón (2015), afirma que con la realización de kinesiología pasiva en forma de ejercicios oscilatorios, también llamada POLD (Passive Oscillation Long Duration), se consiguió en el

estudio realizado que el 90% de los pacientes reportaron una reducción significativa del dolor continuo, mientras que con el empleo de terapias kinesiológicas de movilidad clásicas, esta mejoría fue del 77%, sin embargo cabe resaltar que esta investigación ha recibido algunas críticas y no cuenta con literatura o estudios adicionales que confirmen sus resultados.

Una opción guiada para la auto terapia, consiste en el desarrollo de ejercicios de forma autónoma, pero bajo la simulación de ambientes de realidad aumentada, como los llevados a cabo en Tyrrell, Sarig-Bahat, Williams, Williams y Treleaven (2018), estudio en el que se observó mejoría en los pacientes con dolor cervical, en comparación con el grupo de control, este estudio, valoró la aplicación de la simulación del control de un avión en diferentes ambientes, con el fin de establecer la influencia del mareo causado por el uso prolongado de estas tecnologías emergentes, tras lo cual concluyó que es necesario desarrollar un protocolo de empleo en el que se puntualice el foco de perspectiva, el tiempo de inmersión y el empleo de perspectiva progresiva para reducir al mínimo la sensación de vértigo que puede producir en algunos pacientes.

Contrario a lo que se podría pensar el estudio de Ricciardi *et al.* (2019), muestra que, el uso de cuellos rígidos o semirrígidos para la inmovilización del cuello, como parte de la terapia traumatología de cuello por desgarre causado por sobre extensión, no representa una mejora en la condición del paciente, por el contrario degenera en la pérdida de fuerza en el área cervical.

Es interesante observar el resultado de Figueroa, Sarduy, Ávila y Castillo (2015), en el cual se estableció un rendimiento similar en la mejora de pacientes con cervicalgia, aplicando tanto tratamientos farmacológicos como de acupuntura. Sin embargo, el tratamiento basado en acupuntura, alivia el dolor en la zona cervical en menor tiempo, lo cual es ratificado por el estudio de Young, Dunning, Butts, Cleland y Fernández-de-las-Peñas (2018), en el que se demostró que la acupuntura tradicional china produce mejoría rápida para el dolor de cuello derivado de problemas cervicales, sin embargo se puede considerar más como un complemento a la fisioterapia kinestésica, que un reemplazo a esta.

Conclusiones

En la actualidad y desde siempre han existido terapias de rehabilitación no invasivas y antagónicamente, técnicas invasivas tales como implante de prótesis artificiales, entre otros, ambos producto de eventos traumáticos o atraumáticos que conllevan a desarrollar afecciones en la zona cervical de forma temporal o permanente. Esta enfermedad, guarda relación directa incluso con el tratamiento temprano o tardío a través de ciclos de rehabilitación cuya labor la desempeña el fisioterapeuta, quien busca diseñar un plan de mejora acorde a las necesidades del paciente en aras de promocionar su salud y prevenir mayores enfermedades. Como consecuencia, la aparición tanto en forma crónica como transitoria de esta dolencia, reducen la calidad de vida del paciente, es por lo que, los procesos de rehabilitación de afecciones de tipo músculo esqueléticas y posturales deben de realizarse de forma temprana a los fines de conseguir mejores resultados.

A la luz de las evidencias expuestas luego de la revisión científica realizada, donde se refleja el uso particular de algunos métodos de rehabilitación, asimismo, sin perder

la mirada sobre la base de la presente investigación que persigue el favorecer el uso de la metodología tradicional con respecto a métodos poco convencionales o tecnológicos, la presente investigación en aras de minimizar el conflicto científico producto de las reflexiones acerca de cuáles métodos generan mejores resultados, se plantea a continuación los siguientes juicios para caracterizar los tratamientos fisioterapéuticos tradicionales óptimos en la recuperación de movilidad de la zona cervical.

En ese orden de ideas, se sugiere centrarse en kinesioterapia pasiva y activa, ya que estas mostraron, en múltiples estudios evaluados, un mayor grado de mejoría al tiempo de requerir períodos de tiempo menores para la recuperación del paciente. También es propio afirmar que, combinar la terapia manual con ejercicios, generarán una mayor efectividad en la reducción de la cervicalgia, por otro lado, amplifica el grado de bienestar anímico y fisiológico del paciente.

Así mismo se hace importante, implementar dos fases de rehabilitación: la asistida por el fisioterapeuta y la auto rehabilitación. En la primera fase, el fisioterapeuta da atención a las necesidades prioritarias del paciente reduciendo su sensación de dolor e iniciando el proceso de reconstrucción osteomuscular, según sea el caso, a la vez que enseña al paciente cómo debe continuar con su proceso de rehabilitación en una segunda etapa, en la que él deberá continuar con las terapias sugeridas, permitiéndole una mayor continuidad al tratamiento y generando compromiso de parte del paciente, fomentando el desarrollo y recuperación de su neuro plasticidad.

A pesar de que la traumatología cervical en general se manifieste en unas pocas patologías específicas (excepto los casos idiopáticos), el tratamiento de cada paciente tiene sus propias particularidades y avanzará a su propio ritmo, además, la atención enfocada en un paciente permite centrar los esfuerzos de la terapia en su mejoría individual. Finalmente, evitar el empleo de aparatología externa como termoterapia, punción seca o TENS, dado que no ha demostrado aportar una mejora sustantiva en el desarrollo del tratamiento fisioterapéutico del área cervical.

Referencias bibliográficas

- Acefit, Ascofi, Ascofafi, & Colfi. (2015). Recuperado el 09 de 25 de 2019, de Retrieved from <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/TH/Perfil-profesional-competencias-Fisioterapeuta-Colombia.pdf>.
- Albornoz-Cabello, M., De la Cruz-Torres, B & Barrios-Quinta, C. (2019). *Electroterapia en el abordaje de la cervicalgia mecánica inespecífica*. Revisión sistemática de la evidencia científica disponible. *Fisioterapia*, 41(3), 157-171. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ft.2019.03.004>.
- Antúnez, L., De la Casa Almeida, M., Rebollo, J., Ramírez, A., Matín, R & Suárez, C. (2017). *Eficacia ante el dolor y la discapacidad cervical de un programa de fisioterapia individual frente a uno colectivo en la cervicalgia mecánica aguda y subaguda*. *Atención Primaria*, 49(7), 417-425. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aprim.2016.09.010>.

- Bridon, F., Bertin, A & Déat, P. (2015). *Principios de la kinesiología pasiva*. EMC- Kinesiología -Medicina física, 36(2), 1-12. doi:[https://doi.org/10.1016/S1293-2965\(15\)70759-0](https://doi.org/10.1016/S1293-2965(15)70759-0)
- De las Peñas, F & Ortiz, A. (2019). *Cinesiología: Bases fisiológicas y aplicación práctica*. Elsevier.
- Dommerholt, J & Fernandez, C. (2018). *Trigger Point Dry Needling*. Elsevier.
- Ferrer, M., Calatayú, M., Juste, J., Farias, J., Morello, P & Iñigo, V. (2017). *Revisión del tratamiento rehabilitador en la distonía cervical: una puesta al día*. Rehabilitación, 51(1), 43-51. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rh.2016.09.003>.
- Figuroa Pérez, V., Sarduy Sánchez, C., Ávila Zaldívar, V & Castillo Cuello, J. (2015). *Tratamiento acupuntural y medicamentoso en el alivio de la cervicalgia*. Revista Cubana de Medicina Militar, 44(1). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0138-65572015000100006&script=sci_arttext&tlng=en.
- Fransoo, P. (1998). *Examen clínico del paciente con lumbalgia*. Compendio práctico de reeducación. Barcelona, España: Paidotribo.
- Gómez-Conesa, A., Sánchez Meca, J & Méndez Carrillo, F. (2003). *Práctica basada en la evidencia y estudios meta-analíticos*. Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología, 6(1), 22-38. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-fisioterapia-kinesiologia-176-articulo-practica-basada-evidencia-estudios-meta-analiticos-13063650>.
- Gross, M. (2006). *Kinésithérapie des cervicalgies*. EMC (Elsevier SAS, Paris), Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation, 27(3), 1-15. doi:[doi:10.1016/S1293-2965\(06\)47100-0](https://doi.org/10.1016/S1293-2965(06)47100-0).
- Guerra, J. (2018). *Manual de fisioterapia*. (2a. ed.). Editorial El Manual Moderno.
- Hidalgo, B., Hall, T., Bossert, J., Dugeny, A., Cagnie, B & Pitance, L. (2018). *The efficacy of manual therapy and exercise for treating non-specific neck pain: A systematic review*. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 30(6), 1149-1169. doi:[DOI: 10.3233/BMR-169615](https://doi.org/10.3233/BMR-169615).
- Hurtado, L & Martínez, M. (2014). *Inclusión educativa de las personas con discapacidad en Colombia*. CES Movimiento y Salud., 2(1), 45-55. Obtenido de <http://revistas.ces.edu.co/index.php/movimientoysalud/article/view/2971>.
- Jiménez, F., Martínez, J., Quesada, E., & López, F. (2018). *Estructuras administrativas y derechos de los pacientes*. Madrid, España: ACCI ediciones.
- Martines, M. (2006). *La investigación Cualitativa (síntesis Conceptual)*. IIPSI, 9(1). Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/investigacion_psicologia/v09_n1/pdf/a09v9n1.pdf.
- Martínez, M. (2006). Recuperado el 10 de 05 de 2016, de <https://books.google.es/book?hl=es&lr=&id=yMpaOOkWUfoC&oi=fnd&pg=PA4&dq=electro+estimulacion+fisioterapia&ots=9XOTF37Kav&sig=CrXQE1E6TfvD1DC17i2-BxCaNqI#v=onepage&q=electro%20estimulacion%20fisioterapia&f=false>.

- Melnick, S. (2016). *Physiotherapy and Clinical Approaches-an Over view*. European Journal of Physical Education and Sport Science.
- Molero Suárez, L., Batista, J & Puentes, M. (2019). *Transformación digital desde la cultura tecnológica en las instituciones de educación superior del estado zulía*. Consensus, Santiago de Chile, Chile.
- Molero Suárez, L., Ospina Rodriguez, P., Ayala Escobar, E & Lozano Rojas, H. (2019). Discapacidad motora y la rehabilitación desde los ambientes virtuales basados en Kinect. En L. Molero Suárez, P. Ospina Rodriguez, E. Ayala Escobar, & H. Lozano Rojas, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VI. (págs. 174-186). Bogotá Colombia: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero Suárez, L., Ospina Rodriguez, P., Quevedo, M., Montenegro, J & Castiblanco, L. (2019). Gamming, una estrategia para la rehabilitación de personas con discapacidad. En L. Molero Suárez, P. Ospina Rodriguez, M. Quevedo, J. Montenegro, & L. Castiblanco, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VI. (págs. 134-144). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero Suárez, L., Villarraga , M., Inciarte, V., Molero, L., & Rodríguez , D. (2019). Dimensiones de la responsabilidad social como estrategia de compromiso corporativo en la educación superior. En L. Molero, M. Villarraga, V. Inciarte, L. Molero, & D. Rodríguez, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VIII. Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero Suárez, L., Villarraga, M., Molero, L., Inciarte, V., & Sosa, A. (2019). Responsabilidad social como factor multidimensional para concientizar a empresarios sobre su importancia e influencia en empresa, gobierno y sociedad. En L. Molero, M. Villarraga, L. Molero, & A. Sosa, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VII. (págs. 156-164). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Montes, Y., Vicuña, B., Villalgorido, P., & Marín, B. (2011). *Hipotermia: la modificación de la temperatura corporal como terapéutica clínica*. Revista Rol de Enfermería, 34(4), 258-268. Obtenido de <https://medes.com/publication/66109>
- Oliveira, A., Neres, F., Morais, R., Moura, F., Evangelista, A., & Santos, M. (2018). *Mecanoterapia e facilitação neuromuscular proprioceptiva*: Revisão de Mostra de fisioterapia da Unicatólica, 3(1). doi:<http://publicacoesacademicas.unicatolicaquixada.edu.br/index.php/mostrafisioterapia/article/view/2825>
- Ortecho. (2007). *Ciencia y tecnología para el hábitat popular*. Editorial Granice.

- Ospina, P., Molero Suárez, L., Lozano, H., Becerra, Y & Ruiz, J. (2019). Capital intelectual y responsabilidad social en entornos de programación de realidad virtual. En P. Ospina, L. Molero, H. Lozano, Y. Becerra, & J. Ruiz, *tendencias en la investigación universitaria: una visión desde latinoamérica*. Volumén VII. (págs. 74-84). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Pavón, E. (2015). *Eficacia del método POLD en el tratamiento de trastornos cervicales (Tesis de pregrado)*. Obtenido de <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/810>.
- Perez. (2010). *Enfoques metodológicos*. Editorial La Salle.
- Prentice, B. (2017). *Therapeutic Modalities in Rehabilitation*. Mc Graw Hill.
- Ricciardi, L., Stifano, V., D'Arrigo, S., Maria Polli, F., Olivi, A & Lucio Sturiale, C. (2019). *The role of non-rigid cervical collar in pain relief and functional restoration after whiplash injury: a systematic review and a pooled analysis of randomized controlled trials*. European Spine Journal, 28(8), 1821–1828. doi:<https://doi.org/10.1007/s00586-019-06035-9>
- Romeo, A., Vanti, C., Boldrini, V., Ruggeri, M., Guccione, A., Pillastrini, P & Bertozzi, L. (2018). *Cervical Radiculopathy: Effectiveness of Adding Traction to Physical Therapy—A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials*. Physical Therapy, 98(4), 231-242. doi:<https://doi.org/10.1093/ptsth/pzy001>.
- Tamayo Peña, D., Bravo Acosta, T., Fernández Fondín, L., Coronados Valladares, Y & Pérez Díaz, Y. (2018). *Influencia del tratamiento rehabilitador en la calidad de vida de pacientes con cervicalgia mecánica*. Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación, 10(1), 98-108.
- Tamayo y Tamayo, M. (2006). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa.
- Tyrrell, R., Sarig-Bahat, H., Williams, K., Williams, G & Treleaven, J. (2018). *Simulator sickness in patients with neck pain and vestibular pathology during virtual reality tasks*. Virtual Reality, 22(3), 211–219. doi:<https://doi.org/10.1007/s10055-017-0324-1>.
- Villota-Chicaíza, X., & Fernández-Niño, J. (2018). Efectos del vendaje neuromuscular como método independiente o complementario de tratamiento fisioterapéutico en el manejo del dolor cervical. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 50(3), 195-204. doi:doi: 10.18273/revsal.v50n3-2018001
- Wong, J., Shearer, H., Mior, S., Jacobs, C., Cote, P., Randhawa, K., . . . Taylor-Vaisey, A. (2016). *Are manual therapies, passive physical modalities, or acupuncture effective for the management of patients with whiplash-associated disorders or neck pain and associated disorders? An update of the Bone and Joint Decade Task Force on Neck Pain and Its Ass*. The Spine Journal, 16(12), 1598–1630. doi:DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.08.024>.

- Xhardez, Y. (2010). Recuperado el 09 de 01 de 2019, de Retrieved from <https://www.casadellibro.com/libro-vademecum-de-kinesioterapia-y-de-reeducacion-funcional-5aa-ed-amp-liada-y-revisada-tecnicas-patologias-e-indicaciones-de-tratamiento>.
- Young, I., Dunning, J., Butts, R., Cleland, J & Fernández-de-las-Peñas, C. (2018). *Psychometric properties of the Numeric Pain Rating Scale and Neck Disability Index in patients with cervicogenic headache*. Sage Journals, 39(1), 4-51. doi:<https://doi.org/10.1177/0333102418772584>

CAPITULO III

INTERFAZ 3D MÓVIL CON HMD PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTORA APOYADA EN METODOLOGÍA SUM

Luis Guillermo Molero Suárez

Doctor en Ciencias Gerenciales. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana, Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: lmolero@unipanamericana.edu.co.

Javier Alejandro Sáenz Leguizamón

Magister en Ingeniería-Telecomunicaciones. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana. Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: jasaenzl@unipanamericana.edu.co.

José Luis Montenegro Romero

Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información. Compensar Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana. Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: jlmontenegro@unipanamericana.edu.co.

Luis Daniel Castiblanco Rosero

Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información. Compensar Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana. Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: ldanielcastiblanco@unipanamericana.edu.co.

Jeison Stive Ruiz Carrillo

Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información. Compensar Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana. Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. jstiveruiz@unipanamericana.edu.co.

Resumen

El objetivo de la investigación circundó en el desarrollo de una interfaz 3D móvil con HMD que pretende ser de gran utilidad para personas con discapacidad motora en orden de buscar su inclusión social, laboral y estimular su motivación, a través del uso de esta innovadora tecnología. De acuerdo con el estudio, la investigación es de tipo aplicada, correlacional y transversal y su diseño no experimental. Atendiendo a estas consideraciones, se describieron los constructos teóricos referente a la interfaz gráfica, la discapacidad motora y la metodología SUM para diseño ágil de proyectos de software. Para lograr lo primeramente

expuesto, en el contenido se analizó a detalle los siguientes puntos: 1) Interfaz Gráfica, 2) Gafas de realidad virtual, 3) Discapacidad Motora, 4) SUM, una metodología ágil para proyectos de gamificación y finalmente el Desarrollo de la interfaz 3D móvil. El propósito de la investigación fue desarrollar una interfaz 3D móvil con HMD en función de los beneficios que esta técnica no convencional podría representar en el proceso de rehabilitación de personas con discapacidad motora haciendo uso de la metodología SUM. Los resultados obtenidos cumplen con el objetivo propuesto previamente, permitiendo desarrollar una interfaz 3D móvil con HMD para personas con discapacidad motora haciendo uso de la metodología SUM. Con estos resultados se logró determinar que este tipo de fisioterapias a través de nuevos paradigmas de cultura tecnológica y transformación digital en los entornos de discapacidad podrían ser efectivas y servir como herramienta en apoyo al marco jurídico de Colombia, así como también, servir de estrategia para que el sector empresarial maximice sus esfuerzos y compromisos como ciudadanos corporativos socialmente responsables, y para asegurar los derechos de personas con discapacidad, contribuyendo en gran medida a su inclusión social, laboral y el aumento de la motivación en pacientes con esta deficiencia.

Palabras clave: discapacidad, entornos de desarrollo, Interfaz Gráfica 3D, metodología SUM, rehabilitación motriz.

MOBILE 3D INTERFACE WITH HMD SUPPORTED ON THE ÁGIL SUM METHODOLOGY

Abstract

The objective of the research surrounding the development of a mobile 3D interface with HMD that aims to be very useful for people with motor disabilities in order to seek their social, labor inclusion and stimulate their motivation, through the use of this innovative technology. According to the study, the research is applied, correlational and transversal type and its non-experimental design. Based on these considerations, the theoretical constructs referring to the graphic interface, motor disability and the SUM methodology for agile design of software projects were described. To achieve the above, the content analyzed in detail the following points: 1) Graphic Interface, 2) Virtual reality glasses, 3) Motor Disability, 4) SUM, an agile methodology for gamification projects and finally the development of the mobile 3D interface. The purpose of the research was to develop a mobile 3D interface with HMD based on the benefits that this unconventional technique could represent in the process of rehabilitation of people with motor disabilities using the SUM methodology. The results obtained meet the previously proposed objective allowing the development of a mobile 3D interface with HMD for people with motor disabilities using the SUM methodology. With these results, it was possible to determine that this type of physiotherapy through new paradigms of technological culture and digital transformation in disability settings could be effective and serve as a tool in support of Colombia's legal framework, as well as serve as a strategy to that the business sector maximize its efforts and commitments as socially responsible corporate citizens, and to ensure the rights of persons with disabilities, contributing greatly to their social, labor inclusion and increased motivation in patients with this deficiency.

Keywords: 3D Graphic Interface, development environments, disability, motor rehabilitation, SUM methodology.

Este capítulo es resultado de un proyecto de investigación intitulado “Desarrollo de Suite Interactiva con fines de rehabilitación para personas con movilidad reducida” que se encuentra ya finalizado.

Institución financiadora: Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana bajo el Código del Proyecto SIGP/Código entidad financiadora número PI242019.

Introducción

El dolor cervical o como también es llamado “cervicalgia”, representa uno de los motivos más comunes de visita a centros de fisioterapia. En Colombia, alrededor del 11,9% de las personas que sufren de dolor osteomuscular, padecen de dolor cuello (Guerrero Liñeiro & Gómez López, 2014), con un alto índice de prevalencia y desarrollo de los síntomas, causando mayor probabilidad de padecer una discapacidad cervical a largo plazo. (Saavedra Hernandez, 2012).

Por otra parte, las tecnologías basadas en escenarios 3D instituyen nuevos paradigmas de cultura tecnológica y transformación digital en los entornos de discapacidad (Molero, Batista y Puentes, 2019), que han sido objeto de estudio en los últimos años en busca de soluciones innovadoras para pacientes con deficiencia motora, pues, estas podrían ofrecer múltiples beneficios en pro del bienestar del paciente (LACCEI, 2012), (Fernández, 2014).

La presente investigación, pretende servir como herramienta de apoyo a la (Ley 1618, 2013), (Ley 1346, 2009), (Ley 762, 2002) y (Ley 1145, 2007), de Colombia, como una estrategia para que el sector empresarial maximice sus esfuerzos y compromisos como ciudadanos corporativos socialmente responsables (Molero, Villarraga , Molero, Inciarte y Sosa, 2019), (Molero, Villarraga, Inciarte, Molero y Rodríguez, 2019), (Ospina, Molero, Lozano, Becerra y Ruiz, 2019), y para asegurar los derechos de personas con discapacidad, contribuyendo en gran medida a su inclusión social y laboral, sin menoscabar, el aumento de la motivación en pacientes con este cuadro.

Los temas tratados ofrecen sentido a la presente investigación, la cual pretende conseguir mayor inclusión social, laboral y el aumento de la motivación en pacientes con movilidad reducida en la zona cervical, soportado por el andamiaje jurídico imperante en Colombia, mediante el desarrollo de una interfaz 3D móvil con HMD desarrollada en Unity y exportada como aplicación para dispositivos móviles con Sistema Operativo Android, que consta de tres diferentes terapias: Flexo-Extensión de Cuello, Giro (Rotación) de la cabeza y Rotación Lateral del cuello.

Para garantizar que el objetivo de la presente investigación se cumpla, se desarrollara una interfaz 3D móvil con HMD en pacientes con discapacidad reducida, específicamente en la zona cervical haciendo uso de la metodología SUM para la organización iterativa del proyecto ya que se acopla a las particulares características del software.

Fundamentación teórica

Interfaz gráfica

Un primer concepto acerca de interfaz se vincula a Cirlot, Buxó, Casanovas y Estévez (2007), quienes la definen como:

“Medio, dispositivo, agente o elemento que permite una interacción efectiva con un conjunto de datos o con un programa. El valor de esa efectividad puede medirse por su funcionalidad –por su capacidad para lograr interactuar con los datos o con el programa– pero también, y fundamentalmente, por su capacidad para generar una interrelación significativa y/o creativa con esos datos o ese programa.” (pág. 107).

Existe por otra parte, el concepto de interfaz gráfica de usuario, motivo de la presente investigación, donde Marrero (2006), (citado por Veloz Arce, 2016) expresa:

“Cuando hablamos de interfaz gráfica de usuario, el concepto es aún más específico en cuanto a que la interfaz gráfica de usuario al contrario que el concepto de “interfaz” tiene una localización determinada y definida: Si la interfaz etimológicamente supone la cara o superficie mediadora, la interfaz gráfica de usuario, supone un tipo específico de interfaz que usa metáforas visuales y signos gráficos como paradigma interactivo entre la persona y el ordenador. El concepto de interfaz gráfica nos da pistas sobre el modelo de interacción y la tipología de signos que contiene esta superficie mediadora.” (pág. 7).

En consecuencia, una interfaz gráfica de usuario viene representada por un entorno de software que gestiona la comunicación efectiva de un usuario con algún tipo de computador, que es fundamental en cualquier sistema, dado que estimula una interacción bidireccional entre ambos agentes, a lo cual se le conoce como interacción hombre-computadora.

El concepto de interfaz gráfica vincula a su vez varios paradigmas, los cuales inducen la comunicación ya mencionada y pueden generar en tiempo real representaciones de las realidades parciales o totales; entre ellos se sitúan las interfaces gráficas 2D y las interfaces gráficas 3D. La primera, consta de un plano en dos dimensiones, largo y ancho y solo puede contener cuerpos unidimensionales y bidimensionales. Por otra parte, las interfaces gráficas 3D, son las desplegadas en sistemas inmersivos de realidad virtual, ellas presentan tres planos definidos por ancho, alto y profundidad. (Molero, Ospina, Quevedo, Montenegro y Castiblanco, 2019), (Molero, Ospina, Ayala y Lozano, 2019).

Dentro de ese marco donde se introducen los distintos tipos de interfaces y se establece el plano inmersivo del enfoque 3D, la investigación enfatiza el uso de la Realidad Virtual (RV) con el fin de crear escenarios dinámicos, inmersivos e interactivos a los fines de permitir a través del diseño iterativo que reviste la metodología SUN, el desarrollo de una interfaz 3D móvil con HMD para procesos de rehabilitación en personas con movilidad reducida.

Gafas de realidad virtual

Distinguido por su nombre en inglés Head Mounted Display (HMD), es un tipo de gafas o visor de RV que permite reproducir imágenes creadas por computadora sobre una pantalla cercana a los ojos. En la actualidad, existen varios tipos, marcas y modelos de este accesorio que se muestran a continuación de acuerdo con información de (Mora, 2019), los cuales están ordenados por popularidad y avances.

Nombre del dispositivo: HTC Vive.

Marca: HTC.

Características: Pantalla: Dual AMOLED de 3,6 pulgadas.

Resolución: 2160 x 1200 píxeles combinada.

Frecuencia de refresco: 90 Hz.

Campo de visión: 110 grados.

Sensores: SteamVR Tracking | Acelerómetro | Giroscopio | Proximidad.

Imagen Referencial:



Figura 1. HTC Vive de la marca HTC. 2019.

Fuente: <https://www.peworld.es/mejores-productos/otros-dispositivos/cascos-realidad-virtual-3681582/#toc-3681582-4>.

Nombre del dispositivo: Oculus Rift.

Marca: Microsoft.

Características: Pantalla: Dual OLED.

Resolución: 2160 x 1200 píxeles combinada.

Frecuencia de refresco: 90 Hz.

Campo de visión: 110 grados.

Sensores: Acelerómetro | Giroscopio | Magnetómetro | Constelación.

Imagen Referencial:



Figura 2. Oculus Rift de la marca Microsoft. 2019.

Fuente: <https://www.pcworld.es/mejores-productos/otros-dispositivos/cascos-realidad-virtual-3681582/#toc-3681582-4>.

Nombre del dispositivo: PlayStation VR.

Marca: PlayStation.

Características: Pantalla: OLED de 5,7 pulgadas.

Resolución: 1920 x RGB x 1200 píxeles combinada.

Frecuencia de refresco: 90 Hz, 120 Hz.

Campo de visión: aprox. 100 grados.

Sensores: Acelerómetro | Giroscopio.

Imagen Referencial:



Figura 3. PlayStation VR de la marca PlayStation. 2019.

Fuente: <https://www.pcworld.es/mejores-productos/otros-dispositivos/cascos-realidad-virtual-3681582/#toc-3681582-4>.

Nombre del dispositivo: Oculus Go.

Marca: Microsoft.

Características: Pantalla: LCD.

Resolución: 5260 x 1440 píxeles.

Frecuencia de refresco: 60-72 Hz.

Campo de visión: 86 grados.

Sensores: Acelerómetro | Giroscopio | Magnetómetro.

Imagen Referencial:



Figura 4. Oculus Go de la marca Microsoft. 2019.

Fuente: <https://www.pcworld.es/mejores-productos/otros-dispositivos/cascos-realidad-virtual-3681582/#toc-3681582-4>.

Nombre del dispositivo: Google Daydream View.

Marca: Google.

Características: Pantalla: Depende del Smartphone que se utilice.

Resolución: Depende del Smartphone que se utilice.

Frecuencia de refresco: Depende del Smartphone que se utilice.

Campo de visión: Depende del Smartphone que se utilice.

Sensores: Acelerómetro | Giroscopio | Proximidad.

Imagen Referencial:



Figura 5. Google Daydream View de la marca Google. 2019.

Fuente: <https://www.pcworld.es/mejores-productos/otros-dispositivos/cascos-realidad-virtual-3681582/#toc-3681582-4>.

Nombre del dispositivo: Gear VR.

Marca: Samsung.

Características: Pantalla: AMOLED.

Resolución: 2560 x 1440 píxeles.

Frecuencia de refresco: 60 Hz.

Campo de visión: 101 grados.

Sensores: Acelerómetro | Giroscopio | Proximidad.

Imagen Referencial:



Figura 6. Gear VR de la marca Samsung. 2019.

Fuente: <https://www.pcworld.es/mejores-productos/otros-dispositivos/cascos-realidad-virtual-3681582/#toc-3681582-4>

Nombre del dispositivo: Google Cardboard.

Marca: Google.

Características: Pantalla: Depende del Smartphone que se utilice.

Resolución: Depende del Smartphone que se utilice.

Frecuencia de refresco: Depende del Smartphone que se utilice.

Campo de visión: Depende del Smartphone que se utilice.

Sensores: N/A.

Imagen Referencial:



Figura 7. Google Cardboard de la marca Google. 2019.

Fuente: <https://www.pcworld.es/mejores-productos/otros-dispositivos/cascos-realidad-virtual-3681582/#toc-3681582-4>.

Nombre del dispositivo: Homido VR.

Marca: Google.

Características: Pantalla: Depende del Smartphone que se utilice.

Resolución: Depende del Smartphone que se utilice.

Frecuencia de refresco: Depende del Smartphone que se utilice.

Campo de visión: 100 grados.

Sensores: Depende del Smartphone que se utilice.

Imagen Referencial:



Figura 8. Homido VR de la marca Google. 2019.

Fuente: <https://www.pcworld.es/mejores-productos/otros-dispositivos/cascos-realidad-virtual-3681582/#toc-3681582-4>.

Nombre del dispositivo: Gafas VR 3D BlitzWolf BW-VR3.

Marca: BlitzWolf®.

Características: Pantalla: entre 4,7 y 6 pulgadas.

Resolución: 1080 P o superiores.

Imagen Referencial:



Figura 9. VR 3D BlitzWolf BW-VR3 de la marca BlitzWolf®. 2019.

Fuente: <https://www.pcworld.es/mejores-productos/otros-dispositivos/cascos-realidad-virtual-3681582/#toc-3681582-4>.

Las gafas HMD demandan de un computador o smartphone para capturar a través de una serie de sensores, información de posicionamiento de acuerdo con los movimientos de la cabeza y así determinar la inclinación y orientación, donde en ambos casos, su construcción fue diseñada para ser adaptadas a la circunferencia de la cabeza.

Con respecto a las gafas para smartphone, que ocupa a la presente investigación puesto que la interfaz 3D móvil propuesta será desarrollada para dispositivos móviles con sistema operativo Android, la principal funcionalidad la ofrecen sus lentes con ángulo de visión hacia la pantalla del equipo, en consecuencia, el smartphone se encargará de hacer todo el procesamiento de imágenes.

Discapacidad Motora

La Organización Mundial de la Salud (OMS) aborda un nuevo marco de referencia para la concepción de la discapacidad, y lo lleva a la práctica con la herramienta Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud (CIF). De esta manera, el concepto de discapacidad a partir de la CIF, evolucionó en la última década hacia un enfoque bio-psico-social y ecológico, superando la perspectiva biomédica imperante hasta el momento. Las posibilidades de participación quedaron bajo la influencia de los factores contextuales y no son parte de la persona que presenta alguna deficiencia en sus funciones o estructuras corporales. Se aborda entonces la discapacidad como un concepto general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones en la participación (Hurtado *et al.*, 2012).

Tratando de profundizar, la discapacidad motriz se define como la alteración de la capacidad del movimiento que se presenta en distintos grados disminuyendo la función de desplazamiento de la persona o de manipulación, que limita al individuo en su desarrollo personal y social, pudiendo ser congénita o adquirida, siendo esta última, como consecuencia de lesiones, accidentes, o enfermedades que afectan el sistema musculoesquelético (Saavedra-Guajardo, *et al.*, 2018).

Estos autores, clasifican la discapacidad motora según la tipografía del trastorno motor, donde se pueden encontrar:

- a. La tetraplejia, el cual consiste en la afectación de los cuatro miembros.
- b. La paraplejia, es la afectación de dos miembros superiores o inferiores.
- c. Las hemiplejías, es la afectación de dos miembros de un lado u otro del cuerpo.
- d. Las diplejías, que consisten en la afectación indistinta de dos miembros cualquiera.
- e. La monoplejía, que es la afectación de un solo miembro.

Según la clasificación de las características de movimiento se encuentra:

- a. La espasticidad, la cual significa un tono muscular excesivo.
- b. La hipotonía, que es la disminución del tono muscular.

- c. La distonía, el cual consiste en la alteración del tono muscular que está caracterizado por espasmos de contracción intermitente.

A pesar de la variedad en las clasificaciones es frecuente que sea difícil situar a un afectado en una de estas categorías, debido a la existencia de formas de transición entre unos y otros de los grupos así caracterizados.

Para este tipo de deficiencias de movilidad, se han planteado diferentes estrategias tecnológicas. Una de estas, es el desarrollo e implementación de sistemas gamificados a través de interfaces 3D móviles, donde se despliega una aplicación contentiva de una serie de ejercicios para introducir al individuo en un ambiente inmersivo y controlado de ejercitación, permitiendo así la mejora en su deficiencia motora. En adición a lo anterior expuesto, una característica propia de estos entornos consiste en lograr mayor concentración al introducir al paciente debido al estímulo sensorial que genera su interacción.

Por otra parte, el área de la rehabilitación que más interés ha venido presentando la comunidad de ingenieros, médicos y terapeutas es la rehabilitación motriz, la cual busca brindar una mejora en las funciones que han ido disminuyendo o perdido a causa de algún tipo de lesión, enfermedad, molestia o patología. Este tipo de discapacidad tiene como característica principal la alteración en las funciones del cuerpo, las cuales interfieren en el movimiento y/o locomoción de las personas. Según Guzmán y Londoño, 2016:

“Existen varios tipos de rehabilitación: física, sensorial, cognitiva, musicoterapia, práctica mental y rehabilitación virtual. Todos los anteriores tienen el propósito de estimular diferentes funciones mentales necesarias para la realización de secuencias motoras complejas para el desarrollo de acciones como: cocer un pantalón, pintar un cuadro o escribir”. (pág.273).

A manera de conclusión, los entornos virtuales tales como ambientes de aprendizaje, Juego Serio, Juegos 3D, RV o Realidad Aumentada, permiten a los usuarios tener una experiencia más real y viva especialmente por el grado de inmersión que ofrecen. Estos escenarios consienten a través de diversos dispositivos periféricos o interfaces, mayor dinamismo y estímulo sensorial controlado debido a sus ambientes tridimensionales. Asimismo, en el campo de la rehabilitación, estos escenarios virtuales a través de dispositivos de reconocimiento espacial, auditivo y temporal, introducen al paciente en diversos ejercicios o rutinas terapéuticas, con el fin de analizar sus movimientos, ubicación, postura, motricidad y demás características que permitan al profesional en fisioterapia tener claridad en los tratamientos y procedimientos de forma personalizada para mejorar su calidad de vida y su recuperación.

SUM, una metodología ágil para proyectos de gamificación

La metodología SUM reviste todo un cuerpo de conocimiento desarrollado para el despliegue de proyectos orientados a juegos serios, gamificación o videojuegos como también son conocidos, conducentes a mitigar costos y optimizar el tiempo de desarrollo. Este conjunto sistemático, gravita sobre una amalgama de dos cuerpos de conocimientos

ágiles como son SCRUM y XP, que fueron la plataforma para el desarrollo de sistemas gamificados puesto que se precisaba de un estándar que acoplara las necesidades en esta materia.

Según Acerenza *et al.* (2009), la metodología SUM funciona por medio de iteraciones; ciclos de tiempo definidos para ejecutar un grupo de requerimientos o tareas en cada fase de un proyecto que son asignadas inicialmente en la planeación. Asimismo, comprende un conjunto de etapas que se denominan de la siguiente manera: Concepto, Planificación, Elaboración, Beta y Cierre.

En referencia a la primera etapa que concierne al **Concepto**, se definen los aspectos de planeación de la interfaz que se va a desarrollar. Para crear el concepto de la interfaz, es necesario llevar a cabo una serie de reuniones en las cuales todas las personas involucradas con un rol específico en el proyecto deben aportar propuestas para ir construyendo este concepto y posteriormente, su factibilidad es evaluada mediante las llamadas pruebas de concepto, el fin de esta fase se logra cuando todas las partes involucradas validan el concepto construido.

En la fase posterior llamada **Planificación**, se identifican las necesidades del proyecto, se organiza correctamente el cronograma y se definen cada uno de los hitos (entregables). Para contar con una planificación exitosa, el equipo que va a trabajar en la siguiente fase denominada “Elaboración” debe ser conformado en este punto teniendo en cuenta las necesidades técnicas que aquí se definen, así mismo, es necesario identificar los integrantes del equipo de desarrollo y las tareas que no puedan ser realizadas por el mismo para ser tercerizadas.

En la fase de **Elaboración**, se debe implementar el sistema gamificado, donde al igual que en la metodología SCRUM, se deben llevar a cabo avances de forma iterativa e incremental entregando así una versión ejecutable al finalizar cada iteración.

En la siguiente fase denominada **Beta**, se entrega una versión de prueba del videojuego con la finalidad de realizar diferentes pruebas y detectar y/o eliminar la mayor cantidad de errores que se puedan presentar durante la ejecución del videojuego. También se evalúan las curvas de aprendizaje y dificultad y se envían reportes con los cambios o ajustes que se necesiten realizar para poder alcanzar el criterio de finalización establecido y así tener la versión final del videojuego.

La quinta fase denominada **Cierre**, consiste en entregar al cliente la versión final del videojuego teniendo en cuenta todo lo establecido inicialmente, así mismo, en esta fase se debe realizar una retroalimentación o evaluación a todo el proceso de desarrollo del videojuego teniendo en cuenta todos los inconvenientes ocurridos, las soluciones encontradas, los éxitos que se tuvieron a lo largo del proyecto y finalmente con las conclusiones que se obtuvieron en esta evaluación, proponer mejoras a la metodología.

Por último la fase denominada **Gestión de riesgo**, que se realiza a lo largo de todo el proyecto ya que se debe tener claridad en la forma de actuar cuando se presente algún problema que afecte el desarrollo del mismo; con esta gestión se puede determinar la probabilidad de que un riesgo pueda ocurrir y el impacto que este pueda generar dentro del proyecto.

Atendiendo a estas consideraciones, reviste de suma importancia el desarrollo de una interfaz 3D fijando el uso de la metodología SUM, dado el impacto que tendrá sobre el dinamismo, control del grupo de desarrollo, la calidad y precisión de los entregables, conjunto de elementos que forman un trinomio ineludible para alcanzar el propósito de la investigación que concierne al desarrollo de una Interfaz 3D Móvil con HMD para personas con discapacidad motora.

Metodología

La presente investigación consta de un cuerpo metodológico que se sostiene en el paradigma cualitativo el cual trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su estructura dinámica, aquella que da razón plena de su comportamiento y manifestaciones (Martines, 2006).

Con respecto al conocimiento científico generado como resultado del estudio corresponde a la afirmación positiva de las teorías de las Interfaz Gráfica, las Gafas de Realidad Virtual, como dispositivo periférico utilizado por esta tecnología para generar inmersión, la Discapacidad Motora a los fines de contextualizar el uso de la interfaz 3D Móvil y por último, la metodología SUM, un cuerpo de conocimientos ágil para el desarrollo de proyectos de gamificación, a través de la aplicación del método científico, es por ello que el conocimiento generado busca explicar causalmente los fenómenos indagados por medio de las teorías ya mencionadas, y por tanto, se concibe a la razón como medio para otros fines; es decir, una razón instrumental. (Perez, 2010).

Por otro lado, analizando el objetivo identificado en esta investigación, se describe de tipo aplicada, por cuanto busca los resultados derivados a través de la opinión de los expertos, no obstante, (Tamayo y Tamayo, 2006), señala que la investigación aplicada, es aquella donde se aprovechan realidades concretas en los resultados de investigación.

Si bien es cierto, los diseños de investigación vienen a hacer el proceso mediante el cual se planifica la investigación, es decir, donde se exponen los aspectos sobre el cual se pretende crear conocimiento a través de una situación dada, para (Mendez, 2006), el diseño de investigación significa el criterio utilizado por el investigador para proyectar un futuro deseado.

Al respecto, esta investigación se estableció dentro de los esquemas de investigación no experimental, ya que no se llevaron a cabo procedimientos que infrinjan la realidad de los hechos estudiados, sino que, en la misma, se interpretó el fenómeno de la variable en estudio bajo los preceptos lógicos y objetivos planteados por el investigador.

Para (Arias, 2006), el diseño de la investigación es la estrategia adoptada por el investigador para responder al problema planteado, es decir, el procedimiento concebido para obtener la información deseada. Sin embargo, El diseño señala al investigador lo que debe hacer para alcanzar sus objetivos de estudio, a fin de dar respuesta a las interrogantes de conocimiento planteado. Esta investigación es no experimental, ya que en ella no se manipulan las variables, es decir, no se pretendió modificar la realidad actual de las variables interfaz 3D móvil y metodología SUM, ni tampoco los efectos de estas variables sobre las personas con discapacidad motora.

De acuerdo con lo planteado por Hernandez, Fernandez y Baptista (2008), la investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente variables, es decir, se observa el fenómeno tal y como se da en su contexto natural, para poder analizarlos.

De igual manera, dicha investigación se clasificó dentro del tipo transversal descriptiva, debido a que la recolección de los datos de interés para verificar la autenticidad de la información sobre las variables en estudio se establecerá según los criterios del investigador y en el lapso programado para ello. Según Hernandez *et al.*, (2008), estos estudios recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, teniendo como propósito describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

Atendiendo a estas consideraciones, el propósito de la presente investigación reúne el desarrollo de una Interfaz 3D móvil con HMD como herramienta que pretende mejorar la condición de personas con discapacidad motora a través del uso de la Metodología para el desarrollo de proyectos de software gamificados SUM, esto, a manera de estrategia no convencional apalancada en las leyes colombianas, como nuevo paradigma de cultura tecnológica en la transformación hacia lo digital (Molero, Batista, y Puentes, 2019), asimismo, que pueda desplegarse desde el escenario empresarial como ciudadanos corporativos socialmente responsables con la comunidad y el ambiente, para generar mayor inclusión social y laboral y por último, mejorar motivación desde los ciclos terapéuticos del paciente.

Finalmente, la investigación se llevó a cabo alrededor de un estudio de tipo aplicada, correlacional y transversal y su diseño no experimental empleando las categorías Interfaz Gráfica, Gafas de realidad virtual, Discapacidad Motora y Metodología SUM para desarrollar una Interfaz 3D móvil con HMD para personas con discapacidad motora y en consecuencia poder enmarcar de forma práctica la justificación del uso de los sistemas de RV como novedosas herramientas para la rehabilitación de personas con diversas discapacidades motrices (Tamayo y Tamayo, 2006).

Resultados

Para los efectos de la presente investigación, se referirán cada una de las etapas que circundan la metodología SUM, donde se precisa a detalle cada elemento que intervino en el desarrollo de la interfaz 3D móvil con HMD.

Concepto

En la primera fase que corresponde al concepto, se delimitó el objetivo medular de la interfaz 3D que fue el desarrollo de tres diferentes terapias físicas para la zona cervical en un entorno de RV haciendo uso del dispositivo periférico HMD. Estas terapias son:

- Flexo-Extensión de Cuello.
- Giro (Rotación) de la cabeza.
- Rotación Lateral del cuello.

En referencia al género, la interfaz 3D móvil pertenece al apartado de los “juegos serios”, ya que está enfocada en un aplicativo en beneficio de la salud, relacionado a terapias para personas con movilidad reducida en la zona cervical. En ese orden de ideas, el usuario de la interfaz 3D móvil con HMD, podrá ejecutar las siguientes acciones de juego que corresponden al “Gameplay”:

- El personaje podrá moverse en cualquier dirección dentro de los escenarios planteados.
- El personaje podrá interactuar con los instructores que mostraran información relevante acerca de las terapias, además, permitirá llevar el personaje a otro escenario.
- El personaje tendrá interacción con los objetos, que tienen como propósito, ser de ayuda visual para el desarrollo de las terapias.

Seguidamente, se despliegan las terapias que forman parte de la propuesta:

- Flexo-Extensión del Cuello, los objetos se mostrarán en la parte superior e inferior frente al paciente, de tal manera que observándolos detenidamente ejercite el cuello con movimientos de arriba hacia abajo.
- Giro (Rotación) de la Cabeza, consistirá en realizar el seguimiento de los objetos que lleven al paciente a ejecutar movimientos rotatorios de cabeza, ejercitando así el cuello con dichos movimientos.
- Rotación Lateral del Cuello, los objetos aparecerán a los costados laterales del paciente, de tal manera que éste tenga que girar su cabeza de lado a lado, ejercitando el cuello con movimientos de izquierda a derecha y viceversa.

Un tema importante es la estereoscopia, característica propia de la interfaz 3D móvil, que permite al usuario percibir el entorno 3D mediante el uso de las gafas HMD, esto se logra, a través del uso de la librería *Google cardboard* que admite dividir la pantalla en dos áreas para que cada ojo perciba una imagen desde su ángulo, igualmente, mediante el control de Bluetooth que ofrecen las gafas HMD, la persona puede hacer uso de periféricos externos para ayudar a la movilidad de cada personaje.

Finalmente, la interacción con el entorno es una característica embebida en esta interfaz 3D, de manera que el paciente tenga interacción con otros objetos con el fin de encontrar ayuda para el desarrollo de los ciclos terapéuticos, esto se logra mediante diálogos de ventanas emergentes desplegados en toda la interfaz.

Con respecto a la historia y ambientación de la interfaz 3D móvil, a través del desarrollo de cada terapia el usuario va acumulando puntos; las repeticiones de cada terapia son determinadas según las instrucciones de un fisioterapeuta experto, por ende, la interfaz 3D no sigue una secuencia específica de eventos. El usuario, podrá estar en 4 diferentes habitaciones con ambientación inmersiva alusiva a la terapia, lo que estimulará al usuario a sentirse cómodo.

Por otra parte, la plataforma donde se despliega la interfaz 3D móvil con HMD, debe contar con los siguientes requerimientos mínimos de software y hardware:

- Sistema Operativo: Android 4.4+
- Procesador: 1.7Ghz Quad Core.
- Memoria: 3 GB de RAM.
- Gráficos: Gráficos integrados.
- Almacenamiento: 800 MB de espacio disponible.

Entre tanto, para desarrollar la interfaz 3D se utilizó un motor gráfico que permitió generar los diferentes escenarios inmersivos y una librería RV que fuese compatible, en consecuencia, se empleó el motor Unity en su versión 2019.1.1+ por que ofrece herramientas y funcionalidades que facilitan el uso y rendimiento esperado.

Tratando lo referente a la librería, se consideró hacer uso de *Google Cardboard* gracias a su compatibilidad con el sistema operativo de los dispositivos móviles. Esta librería, es de uso gratuito y aporta los elementos más importantes para el desarrollo del modelo planteado, su curva de aprendizaje es corta, logrando articular a la perfección en la metodología de desarrollo SUM. Su versión actual es la 1.190.1, que fue lanzada en 2019 y tiene mejoras de rendimiento y optimización de recursos del dispositivo.

En relación al audio que acompaña cada transición, fueron creados por terceros y descargados de la página <https://www.youtube.com/audiolibRARY/music> (© 2019 YouTube, s.f.), los audios mencionados a continuación no tienen derecho de autor (copyright):

- New_Land.mp3: Melodía utilizada de forma aleatoria al momento de entrar al escenario de una habitación.
- No_Good_Right.mp3: Melodía utilizada de forma aleatoria al momento de entrar al escenario de una habitación.
- Stranger_Danger.mp3: Melodía utilizada de forma aleatoria al momento de entrar al escenario de una habitación.
- Ticker.mp3: Melodía utilizada de forma aleatoria al momento de entrar al escenario de una habitación.
- Ambiente_pájaros_cantando: Melodía utilizada como ambientación cuando se inicia alguna terapia.

Por otra parte, los elementos utilizados para los escenarios fueron creados por terceros y descargados de la página <https://free3d.com/es/modelos-3d>. Las licencias de todos los elementos son de uso personal y sin ningún fin lucrativo.

Finalmente, el lenguaje de programación utilizado para el desarrollo de los Script fue C# y con la ayuda del Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en inglés) Visual Studio, se compiló la aplicación para poder generar las sucesivas pruebas de los scripts. En ese orden de ideas, se utilizó la aplicación multiplataforma de renderización Blender, que permitió el desarrollo de los objetos 3D.

Planificación

En la planificación del proyecto, se definió el perfil de los integrantes, asimismo, se precisó la incorporación de herramientas de modelado 3D, lenguajes de programación, manejo de herramientas visuales y el motor de gráficos Unity para la integración con RV. También, fue necesario inicialmente contar con ingeniería de requerimientos para gestionar los requerimientos funcionales y no funcionales de la interfaz, como también, tomar en cuenta los ciclos de prueba del software a medida que se fue gestando la interfaz 3D móvil, para lo cual, se necesitó contar con un software pruebas (testing).

A continuación, se presentan los requerimientos funcionales y no funcionales de la interfaz 3D móvil:

Requerimientos Funcionales

- **Puntero virtual:** La interfaz debe tener un puntero virtual de selección para que el usuario pueda ubicarse dentro del espacio y saber puntualmente a dónde está observando.
- **Forma de juego:** La interfaz debe tener un escenario principal.
- **Forma de juego:** La interfaz debe tener un escenario diferente al principal para el desarrollo de las terapias.
- **Logros obtenidos:** La interfaz deberá tener un sistema de logros, los cuales se ganarán con el desarrollo de las terapias.
- **Abandonar partida:** La aplicación ofrecerá la capacidad al usuario de cerrar y salir de la aplicación cuando él lo desee.
- **Movilidad personaje:** El paciente podrá desplazar el personaje utilizando un teclado y ratón (en caso de usarlo con pc).
- **Personajes como actividades:** El usuario debe tener interacción con los instructores para el desarrollo de las terapias.
- **Niveles:** El usuario tendrá a disposición 3 diferentes terapias relacionadas con la zona cervical.
- **Giroscopio movilidad juego:** El videojuego debe validar los movimientos con la cabeza del usuario permitiendo identificar si la terapia se está haciendo de la manera correcta.
- **Movilidad personaje:** El personaje debe moverse junto a la cámara proyectando un plano en primera persona.
- **Movilidad personaje:** El usuario podrá desplazar al personaje utilizando un control bluetooth.
- **Movilidad personaje:** El usuario podrá desplazar al personaje mirando hacia abajo en caso de no tener un control bluetooth.

- Colisión objetos: El personaje debe colisionar con los objetos en su entorno con el fin de que no traspase y pierda el plano principal.
- Terapias: Con el fin de llevar a cabo la terapia el usuario tendrá que mirar un objeto en el aire y este tendrá un temporizador para que observe el mismo objeto por un determinado tiempo.
- Pasos a paso terapias: Las terapias deben tener un flujograma, una vez terminado ese flujo se debe permitir terminar la terapia.
- Puntaje obtenido: El usuario debe obtener puntos al realizar los movimientos indicados en las terapias si estas se hacen de la manera correcta.

Requerimientos No Funcionales

- Usabilidad aplicación: La interfaz deberá liberar los recursos que estuviese utilizando para que el sistema operativo se los pueda asignar a otros procesos.
- Evolución videojuego: Debe permitir que se puedan agregar nuevas terapias con el fin de seguir evolucionando el juego.
- Vestuario personajes: Los personajes usados para el videojuego deben tener una ropa pertinente y acorde al tema central, en este caso las terapias.
- Ambiente virtual: La interfaz deberá ser acorde al videojuego, en este caso tendrá que estar relacionada con las terapias.

Con respecto al desarrollo de las características, la planificación del proyecto se despliega en cuatro (4) iteraciones, que se muestran a continuación:

Iteración uno

Creación del proyecto y organización de la estructura del proyecto en Unity, implementación de las librerías necesarias para la experiencia en realidad virtual como Google Cardboard y ejecución de pruebas del entorno virtual, teniendo en cuenta, que el software inicie correctamente y el usuario pueda usar la funcionalidad con el accesorio HMD dentro de la interfaz.

Iteración dos

Desarrollo del ambiente gráfico en Unity y Google Cardboard en el cual el usuario podrá desplazarse, así mismo, se planificó desarrollar los personajes de la interfaz con los que interactúa el usuario dentro del entorno virtual, tales como el personaje principal y los tres (3) instructores. Al final del desarrollo, se programaron las pruebas para determinar si los requisitos solicitados se cumplieron.

Iteración tres

Desarrollo de las tres terapias propuestas, el usuario a este punto puede interactuar con los objetos para desarrollar las terapias, al finalizarlas, se arrojará un puntaje final. Al finalizar, se hicieron pruebas de funcionalidad del entorno virtual y se completaron las diferentes terapias. Además, se generó la aplicación beta para Android con el fin de aplicar pruebas directamente con un dispositivo smartphone.

Iteración cuatro

Al finalizar con el desarrollo en general (salvo errores a este punto), se planteó optimizar gráficas y entorno virtual en orden de perfeccionar la experiencia de usuario en la plataforma y de entregar un mejor producto. Se hicieron pruebas finales y se lanzó la versión final para su ciclo de pruebas.

Por otra parte, con respecto a los elementos utilizados en la interfaz 3D:

- Logo de la aplicación: imagen usada en la aplicación con el fin que sea única e identificable.



Figura 10. Signo distintivo R3D Virtual registrado.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Personajes principales: la interfaz 3D inicia con un personaje principal, el cual es controlado por el paciente mediante el accesorio HMD y un smartphone con sistema operativo Android; se le permite al usuario desplazarse por la habitación principal, estos desplazamientos son capturados apuntando con el accesorio RV hacia el suelo con un ángulo estimado de treinta (30) grados y en cualquier dirección. Estos objetos 3D representarán los personajes principales en forma de mujer y hombre.



Figura 11. Figura 3D mujer que representa al paciente en la interfaz 3D móvil.

Fuente: Elaboración propia (2019).

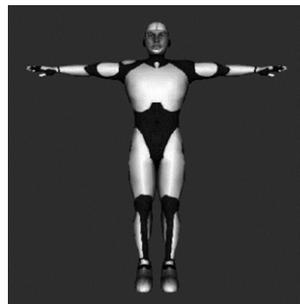


Figura 12. Figura 3D hombre que representa al paciente en la interfaz 3D móvil.

Fuente: Elaboración propia (2019).

- Instructores: Objetos 3D que representan a los instructores para las terapias de Flexo- extensión de cuello, Giro rotación de la cabeza y Rotación lateral del cuello respectivamente.

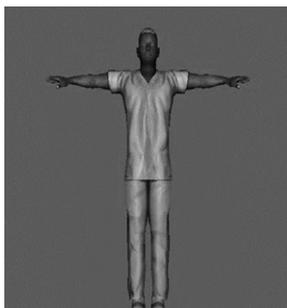


Figura 13. Figura 3D hombre que representa al instructor de la terapia 1.

Fuente: Elaboración propia (2019).

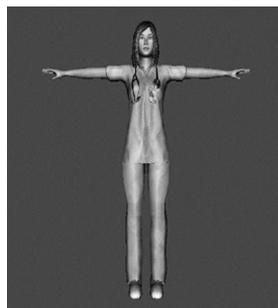


Figura 14. Figura 3D mujer que representa al instructor de la terapia 2.

Fuente: Elaboración propia (2019).



Figura 15. Figura 3D hombre que representa al instructor de la terapia 3.

Fuente: Elaboración propia (2019).

- Elementos del escenario: Los elementos utilizados fueron creados por terceros y descargados de la página <https://free3d.com/es/modelos-3d>, Las licencias de todos los elementos es de uso personal y sin ningún fin lucrativo.

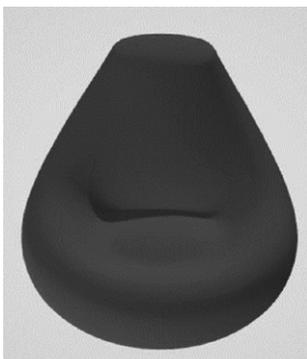


Figura 16. Figura 3D mueble.

Fuente: <https://free3d.com/es/modelos-3d>.

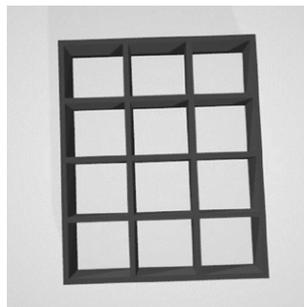


Figura 17. Figura 3D ventana.

Fuente: <https://free3d.com/es/modelos-3d>.



Figura 18. Figura 3D parlante.

Fuente: <https://free3d.com/es/modelos-3d>.

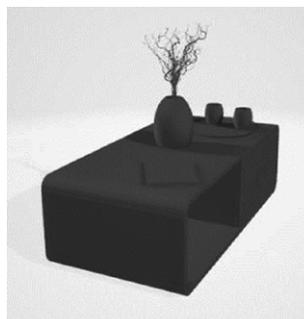


Figura 19. Figura 3D mesa.

Fuente: <https://free3d.com/es/modelos-3d>.



Figura 20. Figura 3D matero con planta.

Fuente: <https://free3d.com/es/modelos-3d>.



Figura 21. Figura 3D repisera.

Fuente: <https://free3d.com/es/modelos-3d>.



Figura 22. Figura 3D mueble.

Fuente: <https://free3d.com/es/modelos-3d>.



Figura 23. Figura 3D ventana.

Fuente: <https://free3d.com/es/modelos-3d>.

Derechos de licencia

Para Stock Media Products, Free3D (Free3D, s.f.) otorga un derecho y una licencia no exclusivos y perpetuos a nivel mundial para copiar, distribuir, reproducir, adaptar, mostrar públicamente, realizar públicamente, realizar digitalmente, transmitir, anunciar, crear trabajos derivados, y comercializará Stock Media Products dentro de Creations en los usos autorizados en este acuerdo.

Elaboración

En la fase de elaboración, se diseñaron los escenarios concernientes a cada una de las terapias. A continuación, se describen cada uno de ellos:

1. Menú principal:

En este escenario el usuario puede iniciar la interacción con la interfaz 3D, es aquí, donde se crean variables globales las cuales permiten parametrizar la lógica de la interfaz 3D.

2. Ventana información:

Corresponde a una ventana emergente luego de presionar el botón “Información”. En ella se muestra información específica a la Interfaz 3D móvil.



Figura 25. Pantalla de “Información” acerca de la interfaz 3D móvil.

Fuente: Elaboración propia (2019).



Figura 24. Pantalla principal de la Interfaz 3D móvil. Contiene el Menú inicial.

Fuente: Elaboración propia (2019).

3. Habitación Principal:

Lugar donde se encuentran los tres instructores y se muestra las instrucciones para navegar dentro de la Interfaz 3D móvil. Solo se muestra un área donde se observa las indicaciones de cómo navegar dentro de la Interfaz 3D móvil. En esta área, cada uno de los 3 instructores enseñará una terapia distinta, una vez se seleccione un instructor con el puntero virtual se muestran dos opciones: “Iniciar terapia” y “Leer acerca de la terapia”, en la primera opción se inicia la terapia y en la segunda opción se muestra información relevante sobre la terapia e información de la discapacidad con el fin de que el paciente también conozca acerca de ella.



Figura 26. Pantalla de la habitación principal.

Fuente: Elaboración propia (2019).

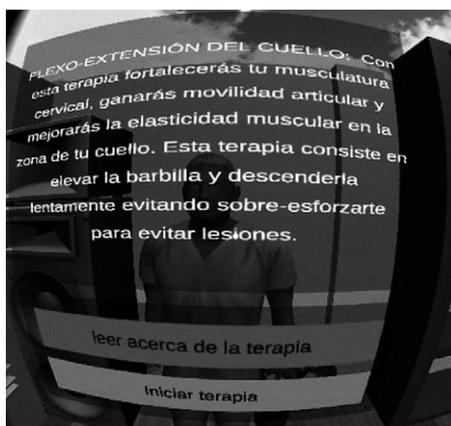


Figura 27. Pantalla del área donde se encuentra el instructor de la terapia 1.

Fuente: Elaboración propia (2019).

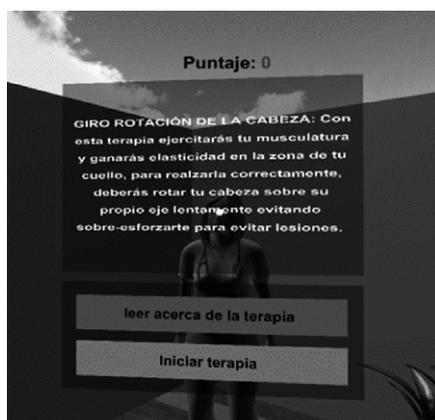


Figura 28. Pantalla del área donde se encuentra la instructora de la terapia 2.

Fuente: Elaboración propia (2019).

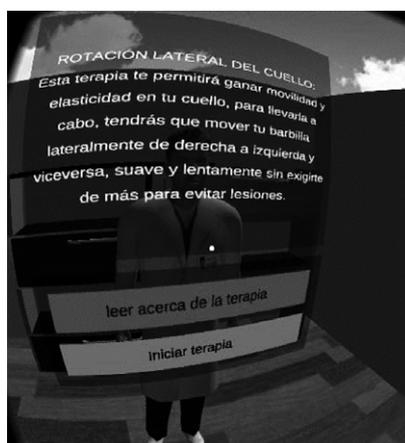


Figura 29. Pantalla del área donde se encuentra el instructor de la terapia 3.

Fuente: Elaboración propia (2019).

La forma de obtener puntos en cada actividad, se hará fijando la mirada sobre los objetos que aparecen frente a la pantalla, dichos objetos aparecerán en cierto orden y momento tal que el usuario realice los ejercicios de la manera correcta, básicamente, el juego consiste en observar los objetos con el fin de efectuar movimientos en el cuello.

Las terapias serán realizadas mediante el movimiento de la cabeza del usuario, los movimientos son capturados por el giroscopio del móvil permitiendo determinar si la terapia se realizó de la manera adecuada.

4. Planos de las habitaciones.

Cada plano completo, simula una habitación donde todos los objetos que se pueden apreciar tienen colisión permitiendo que el personaje principal, en este caso el paciente, no se salga del entorno que lo rodea.

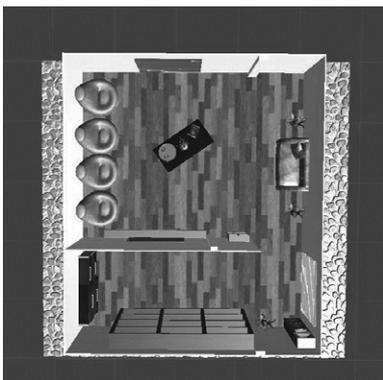


Figura 30. Plano habitación (Escenario) 2 en 2D.

Fuente: Elaboración propia (2019).

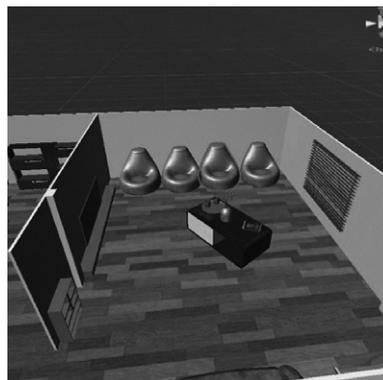


Figura 31. Plano habitación (Escenario) 2 en 3D.

Fuente: Elaboración propia (2019).

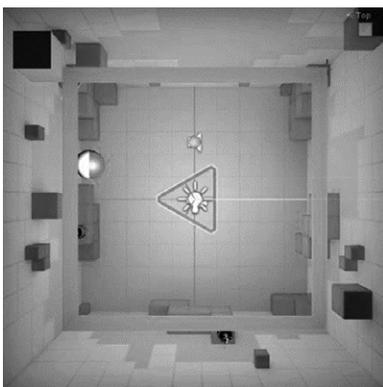


Figura 32. Plano habitación (Escenario) para la terapia número 1 en 2D. En este escenario, el usuario realizará la terapia llamada Flexo-Extensión del Cuello.

Fuente: Elaboración propia (2019).

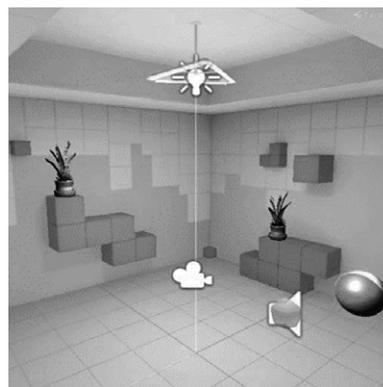


Figura 33. Plano habitación (Escenario) para la terapia número 1 en 3D. En este escenario, el usuario realizará la terapia llamada Flexo-Extensión del Cuello.

Fuente: Elaboración propia (2019).

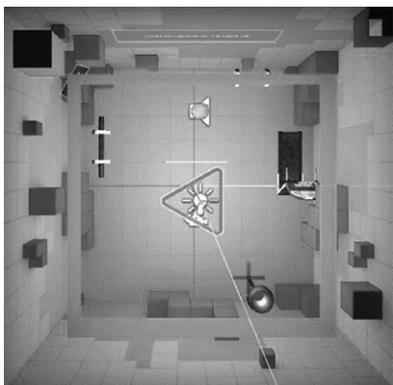


Figura 34. Plano habitación (Escenario) para la terapia número 2 en 2D. En este escenario el usuario realizará la terapia llamada Giro Rotación de la Cabeza.

Fuente: Elaboración propia (2019).

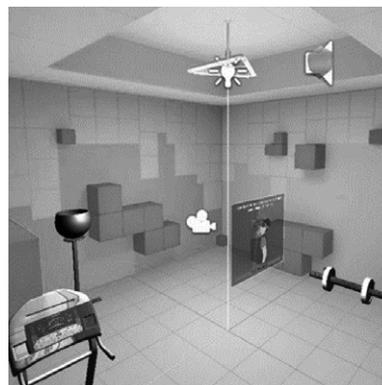


Figura 35. Plano habitación (Escenario) para la terapia número 2 en 3D. En este escenario el usuario realizará la terapia llamada Giro Rotación de la Cabeza.

Fuente: Elaboración propia (2019).

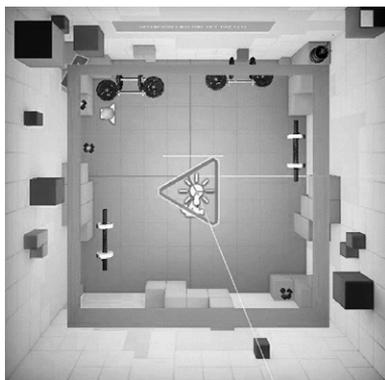


Figura 36. Plano habitación (Escenario) para la terapia número 3 en 2D. En este escenario el usuario realizará la terapia llamada Rotación Lateral del Cuello.

Fuente: Elaboración propia (2019).

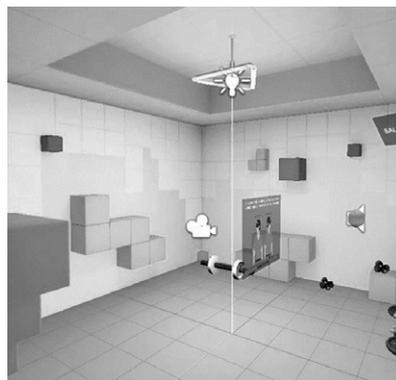


Figura 37. Plano habitación (Escenario) para la terapia número 3 en 3D. En este escenario el usuario realizará la terapia llamada Rotación Lateral del Cuello.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Beta

Con respecto a la fase *Beta*, el verificador Beta se encargó de reportar los errores encontrados en la aplicación en tiempo de desarrollo, su validación fue de vital importancia para poder seguir con la programación, minimizando las correcciones a futuro, el manejo de errores se operaba de forma directa, esto quiere decir que mientras se realizaba un requerimiento pasaba a pruebas donde se daba el visto bueno de aprobación para seguir con el siguiente, así mismo, hasta llegar al último requerimiento.

En relación con la verificación de la interfaz, esta garantiza la movilidad del personaje de forma correcta, por ende, el desarrollo de los escenarios para las terapias es el tema de mayor importancia y es donde no puede haber errores, en ese sentido, el escenario principal debe cumplir con los requerimientos especificados. El perfecto funcionamiento del conjunto de escenarios al final del desarrollo fue exitoso.

Finalmente, haciendo referencia a la evaluación y verificación, como el desarrollo fue realizado por una sola persona se garantiza la funcionalidad total en base a los requerimientos. El desarrollo, pasa las pruebas planteadas permitiendo que la interfaz 3D móvil tenga total interactividad con el usuario donde los errores son nulos, la aplicación se genera de manera exitosa para sistemas operativos Android. En conclusión, se hace entrega en la etapa de cierre la Interfaz 3D móvil.

Conclusiones

Los constantes avances tecnológicos y el despliegue de novedosas estrategias han permeado el quehacer de muchas disciplinas permitiendo evolucionar de forma constante y optimizar procesos tradicionales de la mano de novedosos sistemas y dispositivos periféricos que ha generado que la respuesta a eventos sea más veraz y eficiente para la toma de decisiones. Numerosas ciencias y en especial la medicina, ha venido presentando importantes avances en materia tecnológica, combinando el método tradicional con herramientas de última generación para mejorar significativamente las prácticas actuales. En este último quehacer se muestra el área de la rehabilitación, que ha recogido los mejores y más actuales conceptos tecnológicos para optimizar los métodos tradicionales de rehabilitación en pacientes. Estas novedosas herramientas de apoyo a la discapacidad, permiten analizar los movimientos, ubicación, postura, motricidad y demás características que conciernen al profesional en fisioterapia, le permitirá tener claridad en los tratamientos y procedimientos de forma personalizada para mejorar la calidad de vida y recuperación del paciente.

En consideración a estos supuestos, la presente investigación a través del desarrollo de una interfaz 3D con HMD, pretende ofrecer un aplicativo que optimice los procesos de fisioterapia en pacientes con discapacidad motriz por ser una instrumento capaz de brindar mayor dinamismo, estímulo sensorial controlado y motivación por concentrar escenarios interactivos, controlados y dinámicos debido a sus ambientes tridimensionales para de esta forma, desarrollar las terapias de forma óptima, logrando a futuro mayor inclusión social, laboral y la posible recuperación. El desarrollo de este tipo de iniciativas tecnológicas, basadas en escenarios 3D en el campo de la rehabilitación, instituye nuevos paradigmas de

cultura tecnológica y transformación digital en los entornos de discapacidad, que pueden servir de iniciativa al sector empresarial como una estrategia que maximice sus esfuerzos y compromisos como ciudadanos corporativos socialmente responsables.

Finalmente, se espera que este tipo de iniciativas abran la puerta a mayores innovaciones en este campo y se planteen estudios más profundos en lo concerniente a cuáles ciclos de rehabilitación son más susceptibles a este tipo de tecnología para brindar mayores beneficios a pacientes con discapacidad motriz.

Referencias Bibliográficas

- Acerenza, N., Coppes, A., Mesa, G., Viera, A., Fernández Albano, E., Laurenzo, T y Vallespir, D. (2009). *Una Metodología para desarrollo de videojuegos: versión extendida*. Reportes Técnicos 09-13. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12008/3420>
- Arias, L. (2006). *Investigación Científica*. Editorial Mc Graw Hill. Segunda Edición.
- Cirlot, L., Buxó, M., Casanovas, A y Estévez, A. (2007). *Arte, Arquitectura y sociedad Digital*. Barcelona: Publicacions I Edicions Universitat De Barcelona.
- Fernández, E. (2014). *Protocolos de realidad virtual en el accidente cerebrovascular: revisión de los efectos en la funcionalidad del sistema motor humano (Tesis Maestría)*. Coruña.
- Guerrero Liñeiro, A y Gómez López, M. (6 de 11 de 2014). *consultor Salud*. Recuperado el 23 de 07 de 2019, de https://consultorsalud.com/wp-content/uploads/2014/11/viii_estudio_prevalencia_dolor_cronico_en_colombia_publicacion_pagina_aced_2014.pdf.
- Guzmán, D y Londoño, J. (2016). *Rehabilitación de miembro superior con ambientes virtuales*. Revista mexicana de Ingeniería Biomédica.
- Hernandez, Fernandez y Baptista. (2008). *Diseños de Investigación*. Granice. Tercera Edición.
- Hurtado, M., Aguilar, J., Mora, A., Sandoval, C., Peña, C y Leon, A. (08 de 2012). *Identificación de las barreras del entorno que afectan la inclusión social de las personas con discapacidad motriz de miembros inferiores*. Revista Científica Salud Uninorte, 28(2), 227-237. Recuperado el 19 de 07 de 2019, de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/view/913/3949>.
- LACCEI. (2012). *10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. Panama.
- Ley 1145. (10 de 07 de 2007). *Minsalud*. Recuperado el 23 de 07 de 2019, de https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%201145%20DE%202007.pdf
- Ley 1346. (2009). *Función pública*. Recuperado el 23 de 07 de 2019, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=37150>

- Ley 1618. (27 de 02 de 2013). *Discapacidad Colombia*. Recuperado el 23 de 07 de 2019, de <https://discapacidadcolombia.com/phocadownloadpap/LEGISLACION/LEY%20ESTATUTARIA%201618%20DE%202013.pdf>
- Ley 762. (5 de 08 de 2002). *Mintic*. Recuperado el 23 de 07 de 2019, de https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3689_documento.pdf
- Marrero, C. (2006). *Interfaz gráfica de usuario*. Obtenido de http://www.chr5.com/investigacion/investiga_igu/igu_aproximacion_semio-cognitiva_by_chr5.pdf.
- Martines, M. (2006). *La investigación Cualitativa (síntesis Conceptual)*. *IIPSI*, 9(1). Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/investigacion_psicologia/v09_n1/pdf/a09v9n1.pdf.
- Mendez, N. (2006). *La investigación Documental*. Editorial Romor. Segunda Edición.
- Molero Suárez, L., Ospina Rodriguez, P., Ayala Escobar, E y Lozano Rojas, H. (2019). Discapacidad motora y la rehabilitación desde los ambientes virtuales basados en Kinect. En L. Molero Suárez, P. Ospina Rodriguez, E. Ayala Escobar, & H. Lozano Rojas, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VI. (págs. 174-186). Bogotá Colombia: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero Suárez, L., Ospina Rodriguez, P., Quevedo, M., Montenegro, J y Castiblanco, L. (2019). Gamming una estrategia para la rehabilitación de personas con discapacidad. En L. Molero Suárez, P. Ospina Rodriguez, M. Quevedo, J. Montenegro, & L. Castiblanco, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VI (págs. 134-144). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero, L., Batista, J y Puentes, M. (2019). *Transformación digital desde la cultura tecnológica en las instituciones de educación superior del estado zulía*. Consensus, Santiago de Chile, Chile.
- Molero, L., Villarraga, M., Inciarte, V., Molero, L y Rodríguez, D. (2019). Dimensiones de la responsabilidad social como estrategia de compromiso corporativo en la educación superior. En L. Molero, M. Villarraga, V. Inciarte, L. Molero, & D. Rodríguez, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VIII. Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero, L., Villarraga, M., Molero, L., Inciarte, V y Sosa, A. (2019). Responsabilidad social como factor multidimensional para concientizar a empresarios sobre su importancia e influencia en empresa, gobierno y sociedad. En L. Molero, M. Villarraga, L. Molero, & A. Sosa, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VII. (págs. 156-164). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.

- Mora, A. (04 de 04 de 2019). *PCWorld de IDG*. Recuperado el 17 de 07 de 2019, de <https://www.pcworld.es/mejores-productos/otros-dispositivos/cascos-realidad-virtual-3681582/#toc-3681582-4>
- Ospina Rodríguez, P., Molero Suárez, L., Lozano, H., Becerra, Y y Ruiz, J. (2019). Capital intelectual y responsabilidad social en entornos de programación de realidad virtual. En P. E. Ospina Rodríguez, L. Molero Suarez, H. Lozano, Y. Becerra, & J. Ruiz, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VII. (págs. 74-84). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Perez. (2010). *Enfoques metodológicos*. Editorial La Salle.
- Saavedra Hernández, M. (2012). *Fisioterapia en la cervicalgia crónica manipulación y kinesiotaping (Tesis de Doctoral)*. Granada, España: <http://hdl.handle.net/10481/22259>. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10481/22259>
- Saavedra-Guajardo, E., Durán, C., Escalera, M., Mora, B., Pacheco, A y Pérez, M. (2018). *Discapacidad motora y resiliencia en adultos*. En: A. D. Marengo-Escuderos. Estudios del desarrollo humano y socioambiental. 236-252. Recuperado el 19 de 07 de 2019, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6676037>
- Tamayo y Tamayo, M. (2006). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa.
- Veloz Arce, A. (2016). *De la interfaz del usuario al responsive web design*. AUC revista de arquitectura(37), 59-66. Recuperado el 07 de 17 de 2019, de <http://editorial.ucsg.edu.ec/ojs-auc/index.php/auc-ucsg/article/view/8>

CAPÍTULO IV

USABILIDAD DE INTERFAZ 3D MÓVIL DESARROLLADA PARA HMD DIRIGIDA A USUARIOS CON MOVILIDAD REDUCIDA

Luis Guillermo Molero Suárez

Doctor en Ciencias Gerenciales. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana, Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: lmolero@unipanamericana.edu.co.

Paul Alexander Díaz Montaña

Magister en Administración. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana, Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: padiasm@unipanamericana.edu.co.

José Luis Montenegro Romero

Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana. Avenida (calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: jlmontenegro@unipanamericana.edu.co.

Luis Daniel Castiblanco Rosero

Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información. Unipanamericana, Fundación Universitaria Panamericana, Avenida (calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: ldanielcastiblanco@unipanamericana.edu.co.

Jeison Stive Ruiz Carrillo

Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información. Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana. Avenida (Calle) 32 No. 17-30, Teusaquillo, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: jstiveruiz@unipanamericana.edu.co.

Resumen

La presente investigación tiene como propósito evaluar la usabilidad y experiencia de usuario de una interfaz 3D móvil desarrollada para funcionar con accesorio HMD dirigida a usuarios con movilidad reducida en la zona cervical, específicamente, para terapias de Flexo-Extensión del cuello, Rotación lateral del cuello y Giro (Rotación) de la cabeza, a los fines, de exhibir las funcionalidades de una aplicación desplegada para ofrecer mayor motivación, inclusión y posibilidades de inserción laboral, como también, servir de estrategia de transformación digital, dentro de los espacios de la cultura tecnológica o para consolidar nuevos ciudadanos corporativos socialmente responsables. La investigación se determinó en la tradición epistémica racionalista, haciéndose ostensible a través de un estudio dentro del

paradigma cualitativo, el tipo de investigación corresponde a un estudio de caso con un diseño no experimental, transeccional descriptivo y de campo. Para lograr los objetivos propuestos, en el contenido se analizó a detalle los siguientes puntos: 1) Usabilidad en los espacios de software, 2) Interfaces 3D como catalizador motivacional y 3) Movilidad Reducida desde la discapacidad. La revisión literaria concerniente a la usabilidad de sistemas de software permitió definir como instrumento de recolección de datos la prueba Escala de usabilidad del sistema (SUS) de (Brooke, 1996) que admitió medir a través de un único valor numérico comprendido entre 1 y 100 la usabilidad y experiencia de usuario de la Interfaz 3D móvil con accesorio HMD en una muestra de tres expertos en software/Interacción Humano-Computador (HCI) y dos pacientes con movilidad reducida en la zona cervical, mostrando una puntuación de noventa punto cinco (90.5), lo cual permite concluir a la investigación el óptimo despliegue de la interfaz 3D y sus capacidades para aumentar el grado de motivación, inclusión y posibilidades de inserción laboral aportando una mejora significativa del paciente.

Palabras clave: Usabilidad, Realidad Virtual, Discapacidad motora.

USABILITY OF MOBILE 3D INTERFACE DEVELOPED FOR HMD AIMED AT USERS WITH REDUCED MOBILITY

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the usability and user experience of a mobile 3D interface developed to work with an HMD accessory aimed at users with reduced mobility in the cervical area, specifically for neck flexion-extension therapies, lateral neck rotation and turn (Rotation) of the head, for the purposes, of exhibiting the functionalities of an application deployed to offer greater motivation, inclusion and possibilities of labor insertion, as well as serving as a digital transformation strategy, within the spaces of culture technological or to consolidate new socially responsible corporate citizens. The research was determined in the rationalist epistemic tradition, becoming ostensible through a study within the qualitative paradigm, the type of investigation corresponds to a case study with a non-experimental, descriptive and field-based transeccional design. To achieve the proposed objectives, the following points were analyzed in detail in the content: 1) Usability in software spaces, 2) 3D interfaces as a motivational catalyst and 3) Reduced mobility from disability. The literary review concerning the usability of software systems made it possible to define as a data collection instrument the System Usability Scale (SUS) test of (Brooke, 1996), which allowed to measure through a single numerical value between 1 and 100 the usability and user experience of the mobile 3D Interface with HMD accessory in a sample of three software experts / Human-Computer Interaction (HCI) and two patients with reduced mobility in the cervical area, showing a score of ninety point five (90,5), which allows the investigation to conclude the optimal deployment of the 3D interface and its capabilities to increase the degree of motivation, inclusion and possibilities of labor insertion providing a significant improvement of the patient.

Keywords: Usability, Virtual Reality, Motor Disability.

Este capítulo es resultado de un proyecto de investigación intitulado “Desarrollo de Suite Interactiva con fines de rehabilitación para personas con movilidad reducida” que se encuentra ya finalizado.

Institución financiadora: Unipanamericana Fundación Universitaria Panamericana bajo el Código del Proyecto SIGP/Código entidad financiadora número PI242019.

Introducción

La usabilidad y la experiencia del usuario, posterior al diseño y despliegue de sistemas informáticos corresponde a los atributos más importantes a la hora de precisar los elementos de calidad que deben ser preponderantes para el usuario de un hardware o software, a fin, de garantizar su éxito o su fracaso. Resulta asimismo interesante destacar, que existen en la actualidad un número importante de cuerpos de conocimiento, estudios y artefactos aludiendo a los postulados de Brooke, (1996), Paz Espinoza, (2017), ISO, 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs), (1998) e ISO, IEC 9126-1: Software Engineering-Product Quality-Part 1: Quality Model, (2001), que dan validez al hecho que para el software la satisfacción del cliente es esencial, considerando que este debe al menos cumplir con los atributos de eficiencia, efectividad y satisfacción. Al mismo tiempo, no se puede esquivar la importancia de delimitar que usuarios interactuarán con cada dominio de software (Nielsen, 1993), para ejecutar pruebas de usabilidad y experiencia de usuario precisas y conseguir resultados pertinentes y efectivos.

Pasar por alto este tipo de miramientos, delimitan lo que puede ser el éxito o el fracaso de concatenar nuevas tecnologías con las prácticas tradicionales, en especial en las ciencias médicas, en virtud de que el comportamiento de estas novedosas experiencias puede fluctuar debido a la aversión a nuevos métodos, reticencia a las tecnologías, mala reingeniería de procesos que han sido trastocados por la transformación digital (Molero Suárez, Batista y Puentes, 2019), desde la cultura tecnológica, ingeniería de requerimientos mal levantados, entre otros.

Ante estas evidencias, el propósito de la presente investigación pretende evaluar la usabilidad y experiencia de usuario de una interfaz 3D móvil desarrollada para funcionar con el accesorio HMD dirigida a usuarios con movilidad reducida en la zona cervical, específicamente, para terapias de Flexo-Extensión del cuello, Rotación lateral del cuello y Giro (Rotación) de la cabeza como mecanismo de inclusión social y/o laboral, como factor motivacional hacia este tipo de pacientes o como una estrategia de transformación digital, desde la cultura tecnológica, para ciudadanos corporativos socialmente responsables (Molero, Ospina, Ayala y Lozano, 2019), (Molero, Ospina, Quevedo, Montenegro y Castiblanco, 2019), (Molero S, Villarraga, Inciarte, Molero, y Rodríguez, 2019). (Molero S, Villarraga, Molero, Inciarte y Sosa, 2019), (Ospina, Molero, Lozano, Becerra y Ruiz, 2019).

Finalmente, a través de este tipo de herramientas donde se amalgaman la efectividad de las técnicas tradicionales de fisioterapia con novedosas tecnologías como la Realidad virtual, la inmersión y dinamismo accesibles y de bajo costo, se pretende generar las sinergias

necesarias para estimular positivamente a pacientes con movilidad reducida a ejecutar de forma efectiva sus terapias de rehabilitación de forma asistida con este novedoso método.

Fundamentación teórica

Usabilidad en los espacios de software

La usabilidad concierne a uno de los compendios indispensables en el desarrollo de productos de software, por lo que, este elemento de calidad se le atribuye al propósito del sistema de cara a la satisfacción del usuario. No obstante y en virtud de lo importante que este atributo atañe para el éxito de un proyecto y despliegue de software particular, se hace necesario discernir luego de una revisión literaria y exhaustiva acerca de cuál método resulta favorable para medir su incidencia sobre un usuario. En consecuencia, es imperativo para la investigación estudiar la facilidad de uso y la experiencia de usuario en una Interfaz 3D móvil desarrollada para accesorio HMD en usuarios con discapacidad motora en el área cervical.

Sobre el asunto, existe un cúmulo notable de cuerpos de conocimiento, estudios, entre otros, que en la actualidad versan sobre la usabilidad como elemento indispensable de calidad en los entornos de desarrollo para validar la experiencia del cliente ante un nuevo sistema, muestra de ello, son los análisis de uso que se practican a las aplicaciones de software en los dominios de la informática médica, educación, herramientas de desarrollo de software, comercio electrónico y videojuegos, entre otros, que de acuerdo con Paz Espinoza (2017), ocupan los primeros puestos en estudios de usabilidad y experiencia de usuario. De acuerdo con la evaluación del investigador, se muestra la siguiente tabla que refiere la revisión de 241 productos de software evaluados.

Tabla 1. Número de productos de software evaluados en cada dominio.

Dominio de Software	Número de productos de software de este dominio que fueron evaluados	Porcentaje (%)
Informática médica	50	20,75%
Educación	36	14,94%
Herramientas de desarrollo de software	23	9,54%
Comercio electrónico	19	7,88%
Videojuegos	19	7,88%
Administradores de información personal	8	3,32%
Rutas y sistemas guías	6	2,49%
Sistemas de propósito general	6	2,49%
Sistemas expertos	5	2,07%
Sistemas de información geográfico	5	2,07%
Software para la comunicación del usuario	4	1,66%

Tabla 1. Número de productos de software evaluados en cada dominio. (Continuación)

Dominio de Software	Número de productos de software de este dominio que fueron evaluados	Porcentaje (%)
Sistemas de planificación de recursos empresariales	4	1,66%
Herramientas y utilitarios	4	1,66%
Otros dominios	38	15,77%
Sin información sobre el tipo de software	14	5,81%
Totales	241	99,99%

Fuente: Paz Espinoza (2017).

Resulta asimismo interesante destacar, que el dominio de videojuegos se ubica entre los primeros cinco lugares con mayor porcentaje de inspecciones de usabilidad reportadas en los últimos años dentro de la revisión, motivo por el cual, es determinante obtener el impacto de usabilidad y experiencia de usuario de la Interfaz 3D móvil con accesorio HMD sobre los pacientes con discapacidad motora.

Dentro de ese marco, se presenta una revisión de algunos de los enfoques que versan acerca de la usabilidad de software para determinar cuál se aproxima a las necesidades de la investigación.

ISO/IEC, considerado por la industria un referente a la hora de generar estándares importantes, desarrolló la norma (ISO, 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs), 1998). Este estándar ofrece una visión holística acerca de cualquier tipo de producto, no obstante, su propósito inicial es delimitar un conjunto de requerimientos ergonómicos necesarios para un software o dispositivo de hardware utilizado. Respaldando lo anterior, Paz Espinoza (2017), por su parte, define el concepto de usabilidad como un elemento inequívoco que permite asegurar la satisfacción del cliente, cuya finalidad, es establecer el grado de subjetividad de contexto para lo cual ha sido diseñado un sistema de software, que se pone de manifiesto no solo en el diseño de este, sino también, en la usabilidad del mismo.

Consecuente a lo anteriormente planteado, ISO 9241-11 define a la usabilidad como el grado en que un producto puede ser usado por usuarios específicos para lograr objetivos definidos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico ISO, 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs), 1998 (citado por Paz Espinoza, 2017). Asimismo, el estándar define los componentes básicos que debe tener el diseño de interfaces usables, según Brooke (1996):

- Eficiencia: La cantidad de recursos consumidos en la ejecución de la tarea.
- Efectividad: Concierne a la capacidad del usuario de completar sus tareas a través del uso del sistema, que viene de la mano de la calidad de ese producto resultante.
- Satisfacción: Sentido de bienestar subjetivo del usuario con el uso del sistema.

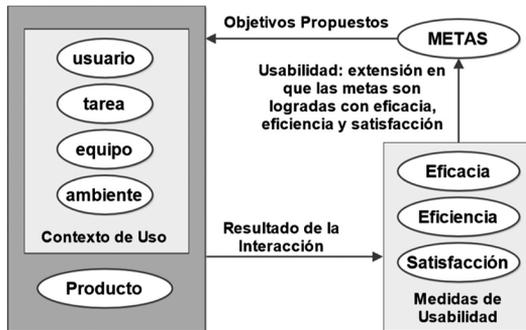


Figura 1. Marco de definición de usabilidad en la ISO/IEC 9241-11.

Fuente: (ISO, 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs), 1998).

Por otra parte, ISO/IEC también diseñó el estándar (ISO, IEC 9126-1: Software Engineering-Product Quality-Part 1: Quality Model, 2001) que versa únicamente sobre el concepto de usabilidad en productos de software y establece las métricas para cada indicador de calidad de software en un sistema informático. En ese orden de ideas, define siete elementos internos y externos, a decir:

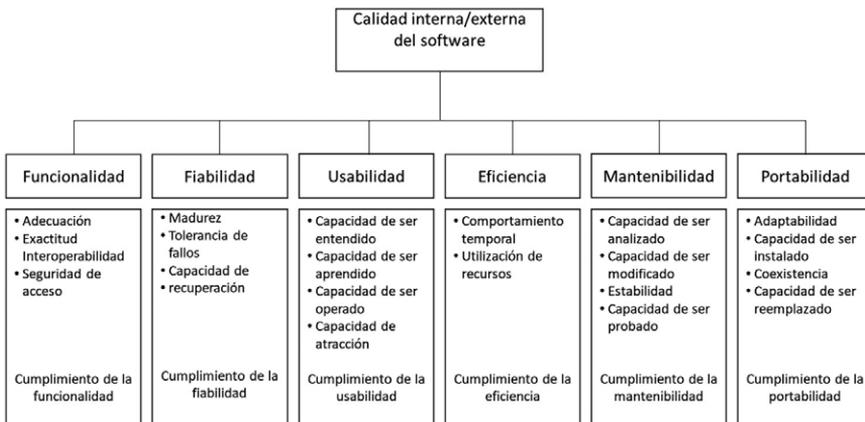


Figura 2. Características de calidad interna/externa del software según la (ISO, IEC 9126-1: Software Engineering-Product Quality-Part 1: Quality Model, 2001).

Fuente: (ISO, IEC 9126-1: Software Engineering-Product Quality-Part 1: Quality Model, 2001).

Adicionalmente, la norma describe cinco atributos que debe tener un software para lograr un nivel óptimo de usabilidad:

Capacidad de ser entendido: El usuario debe entender la utilidad de un software para realizar tareas específicas, y, si los resultados de este son apropiados para satisfacer las necesidades de la tarea.

Capacidad de ser aprendido: Capacidad del software de manejar funcionalidades que le permitan al usuario aprender de ellas.

Capacidad de ser operado: Capacidad del software de permitir ser operado y controlado.

Capacidad de atracción: Capacidad del software de ser atractivo al usuario.

Cumplimiento de usabilidad: Capacidad del software de aglutinar estándares, normas nacionales e internacionales, estilos, entre otros.

Por su parte, Nielsen, (citado por Paz Espinoza, 2017), uno de los principales exponentes en el área de la Interacción Humano-Computador (HCI), define el término usabilidad como aquel que se aplica a todos los aspectos de un sistema con los cuales un humano podría interactuar, incluyendo instalación y procedimientos de mantenimiento. Asimismo, considera que es un aspecto fundamental para la aceptación del producto de software”. En ese orden de ideas, es de carácter inequívoco establecer que uno de los elementos más importantes dentro del diseño y despliegue de software corresponde a la usabilidad y la experiencia de usuario para determinar fehacientemente la calidad del entregable final.

Por su parte, Nielsen (1993), haciendo énfasis en el número de evaluadores, expresa que deben estar entre un número de tres a cinco para obtener resultados fiables, por lo cual, en las siguientes tablas descritas por (Paz Espinoza, 2017), se muestra que la mayoría de 72 estudios evaluados sigue las recomendaciones del autor:

Tabla 2. Cantidad de estudios que reportan la participación de un número específico de evaluadores.

Número de evaluadores	Número de estudios
De 1 a 2	10
De 3 a 5 (enfoque de Nielsen)	28
De 6 a 10	10
De 11 a 14	1
De 15 a más	3
No se menciona	20
TOTAL	72

Fuente: Paz Espinoza (2017).

Tabla 3. Número de estudios que reportan la participación de un perfil de especialista.

Perfil de los evaluadores	Número de estudios
Especialistas en usabilidad	15
Profesionales de software	21
Expertos en el dominio	9
Especialistas de usabilidad + Expertos en el dominio	5
Expertos dobles	4
No se menciona	18
TOTAL	72

Fuente: Paz Espinoza (2017).

Con respecto a los métodos de evaluación de software, estos proporcionan una serie de artefactos para analizar y validar los índices de usabilidad de un software, estas herramientas, han venido siendo usados por muchas décadas para establecer parámetros de uso y experiencia de usuario, por lo cual son considerados poderosos instrumentos en este segmento.

Considerando la investigación de Paz Espinoza (2017), a continuación, se muestra una tabla con su estudio de 374 indagaciones donde se reseña las veces que se ha reportado el uso de algún método de evaluación de usabilidad:

Tabla 4. Cantidad de reportes de uso de métodos de evaluación de usabilidad.

Método de evaluación de usabilidad	Número de veces que el método es reportado	Porcentaje (%)
Cuestionario/Encuesta	102	27.27%
Pruebas con usuarios	54	14.44%
Evaluación heurística	46	12.30%
Entrevista	40	10.70%
Pruebas con usuarios-Pensamiento en voz alta	36	9.63%
Métricas de software/Métricas de usabilidad	17	4.55%
Evaluación automatizada a través de herramienta de software	12	3.21%
Recorrido cognitivo	10	2.67%
Evaluación de prototipo en fase de desarrollo	10	2.67%
Focus Group	6	1.60%
Listas de verificación	5	1.34%
Lápiz y papel	5	1.34%
Inspección de usabilidad basada en perspectivas	2	0.53%
Observación de campo/Estudio campo	3	0.80%

**Tabla 4. Cantidad de reportes de uso de métodos de evaluación de usabilidad.
 (Continuación).**

Método de evaluación de usabilidad	Número de veces que el método es reportado	Porcentaje (%)
Seguimiento ocular	3	0.80%
Mapa de clics (seguimiento del ratón) / Mapa de calor / Mapa de desplazamiento	2	0.53%
Minería de opiniones	2	0.53%
Proceso de evaluación de usabilidad Web	1	0.27%
Pensamiento en voz alta retrospectivo	2	0.53%
Análisis de tareas cognitivas	2	0.53%
Lineamientos de usabilidad	1	0.27%
Ordenamiento de tarjetas	1	0.27%
Ordenamiento de tarjetas modelo CANVAS	1	0.27%
Creación de sentido retrospectivo	1	0.27%
Personas	1	0.27%
Flujo de trabajo del usuario	1	0.27%
Jogging cognitivo	1	0.27%
Inspección de dominio específico	1	0.27%
Evaluación heurística participativa	1	0.27%
Método de inspección semiótica	1	0.27%
Método de evaluación de comunicabilidad y usabilidad	1	0.27%
Recorrido simplificado pluralista	1	0.27%
Recorrido cognitivo simplificado racionalizado	1	0.27%
Método de medición de rendimiento musical	1	0.27%
TOTAL	374	100.00%

Fuente: Paz Espinoza (2017).

Ante estas evidencias se puede apreciar, que el instrumento más utilizado para medir la usabilidad y la experiencia de usuario concierne al cuestionario y/o encuesta. El cuestionario por su parte, corresponde a una lista de preguntas a la cual los usuarios principales de un sistema de software deben responder de forma objetiva para medir el índice de calidad que incumbe a la usabilidad y experiencia de usuario. En ese orden de ideas, se nombrarán algunas propuestas y se detallará la seleccionada por la presente investigación:

- System Usability Scale (SUS). Escala de usabilidad del sistema.
- Software Usability Measurement Inventory (SUMI). Inventario de medición de usabilidad de software.
- Questionnaire for User Interaction Satisfaction (QUIS). Cuestionario para la satisfacción de la interacción del usuario.

- IBM Computer Usability Satisfaction Questionnaires. Cuestionarios de satisfacción de usabilidad informática de IBM.
- The After-Scenario Questionnaire (ASQ). El cuestionario posterior al escenario.
- The Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ). El Cuestionario de usabilidad del sistema posterior al estudio.
- The Computer System Usability Questionnaire (CSUQ). El Cuestionario de usabilidad del sistema informático.
- Usefulness, Satisfaction and Ease of Use (USE). Utilidad, satisfacción y facilidad de uso.
- Web Site Analysis and Measurement Inventory (WAMMI). Inventario de análisis y medición de sitios web.
- Perceived Usefulness and Ease of Use (PUEU). Utilidad percibida y facilidad de uso.
- Purdue Usability Testing Questionnaire (PUTQ). Cuestionario de prueba de usabilidad de Purdue.
- Usability Metric for User Experience (UMUX). Métrica de usabilidad para la experiencia del usuario.

Escala de usabilidad del sistema. System Usability Scale (SUS)

Esta herramienta consiste en un cuestionario de diez preguntas que debe ser respondido de acuerdo con la escala de Likert de cinco niveles. Fue desarrollado por Brooke (1996), que provee a los especialistas de usabilidad y experiencia de usuario una forma práctica y rápida de evaluar estos elementos de calidad.

El sistema de puntuación de la prueba SUS se caracteriza por los siguientes elementos:

- SUS produce un solo número que representa una medida compuesta de la usabilidad general del sistema que se está estudiando.
- Tenga en cuenta que las puntuaciones para los elementos individuales no son significativas por sí mismas.
- Para calcular el puntaje del SUS, primero sume las contribuciones de puntaje de cada elemento.
- La contribución de puntaje de cada ítem variará de 0 a 4.
- Para los ítems 1,3,5,7 y 9, el aporte de puntaje es la posición de escala menos 1.
- Para los ítems 2,4,6,8 y 10, el aporte es 5 menos la posición de la escala.
- Multiplique la suma de los puntajes por 2.5 para obtener el valor general de SU.
- Los puntajes del SUS tienen un rango de 0 a 100.

Las evidencias como consecuencia de la revisión bibliográfica permiten inferir, que para evaluar la usabilidad y experiencia de usuario de una interfaz 3D móvil desarrollada para funcionar con accesorios HMD dirigida a usuarios con movilidad reducida en la zona

cervical, es perentorio contar con al menos una muestra de cinco usuarios entre los cuales se debe contar con:

- Expertos en desarrollo de software.
- Expertos en Interacción Humano-Computador (HCI).
- Pacientes con discapacidad motora en la zona cervical.

Asimismo, a los fines de ser pertinente con la evaluación de usabilidad y experiencia de usuario se desplegará un cuestionario SUS por su practicidad y consecución de objetivos.

Interfaces 3D como catalizador motivacional

Cuando se hace referencia a una interfaz 3D, se vinculan elementos no tradicionales; herramientas de diseño de interfaces avanzados, herramientas de diseño gráficos avanzado, lenguajes de programación, entre otros, que permiten que este entorno, ahora incluso, se pueda manejar desde accesorios tecnológicos con visión estereoscópica.

Para Moya *et al.* (2013), una interfaz de usuario corresponde a la forma en la que el jugador interactuará con el juego y con qué mecanismos contará para ello: estilos de interacción, metáforas de interacción, paradigma de interacción, entre otros.

A tales efectos, se hace indispensable considerar esta nueva filosofía de sistematización de espacios donde la experimentación sensorial juega un papel importante para el desarrollo de tareas complejas, en este caso particular, la rehabilitación de discapacidades, pues ofrece un efecto altamente motivacional e incluso superior a los métodos tradicionales. Ospina *et al.* (2019).

Luego de realizar el recorrido por los estudios de autores antes mencionados, se infiere que los procesos tradicionales de rehabilitación resultan dolorosos y en lugares que presumen de poca motivación, asimismo, alejados o poco accesibles por personas con discapacidad motora, hecho por el cual, la rehabilitación que cuente con interfaces 3D a razón de sistemas gamificados, presenta una alternativa considerable con respecto al método tradicional, pues permite servir de estímulo sensorial y motivacional como consecuencia de amalgamar ambientes inmersivos y dinámicos, y ofrecen mayor comodidad y economía para el paciente porque evita los costos asociados a la movilidad.

Movilidad Reducida desde la discapacidad.

De acuerdo con Hurtado *et al.* (citado por Molero *et al.*, 2019):

“La Organización Mundial de la Salud (OMS) aborda un nuevo marco de referencia para la concepción de la discapacidad, y lo lleva a la práctica con la herramienta Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF). De esta manera, el concepto de discapacidad a partir de la CIF evolucionó en la última década hacia un enfoque bio-psico-social y ecológico, superando la perspectiva biomédica imperante hasta el momento. Las posibilidades de participación quedaron bajo la influencia de los factores contextuales y no son parte de la persona que presenta alguna deficiencia en sus funciones o estructuras corporales.

Se aborda entonces la discapacidad como un concepto general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones en la participación.” (p. 228).

En tanto que para Dols (2004), define la movilidad reducida como:

“Teniendo en cuenta las anteriores acepciones, cabe pues dejar bien claro que el concepto de Persona con Movilidad Reducida (PMR), está asociando directamente la discapacidad con la movilidad. Se trata por tanto de un colectivo humano, que, debido a su discapacidad física, psíquica o sensorial, ya sea de forma temporal o permanente, tiene mermada su capacidad de movilidad y desplazamiento.”(p.4).

A partir de las evidencias científicas, resulta de especial interés establecer con claridad los conceptos antes mencionados en virtud de que la movilidad reducida presente en esta investigación no reviste la concepción holística de discapacidad, en virtud, de que este último concepto representa un conjunto más amplio de definiciones.

Metodología

La presente investigación gira en torno al paradigma cualitativo debido a que trata de identificar, básicamente, la naturaleza profunda de las realidades, su estructura dinámica, aquella que da razón plena de su comportamiento y manifestaciones. De aquí que lo cualitativo no se opone de ninguna forma a lo cuantitativo, sino que lo implica e integra, especialmente donde sea importante. (Martínez, 2004).

A este respecto, Hernández (2014), agrega acerca del paradigma cualitativo que utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación. De lo anterior se desprende, que la presente investigación hará uso del cuestionario de diez preguntas desarrollado por Brooke (1996), denominado Escala de usabilidad del sistema (SUS), para evaluar la usabilidad y experiencia de usuario de la Interfaz 3D móvil con accesorio HMD para pacientes con discapacidad motora en la zona cervical, específicamente, terapias de Flexo-Extensión del cuello, Rotación lateral del cuello y Giro (Rotación) de la cabeza.

Por su parte, el tipo de investigación corresponde a un estudio de caso en virtud de que a través de los procesos cuantitativos, cualitativos o mixtos; se analiza profundamente una unidad para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar alguna teoría (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). Entre tanto, Gerring (2004), define al estudio de caso como una investigación intensiva acerca de un fenómeno con la finalidad de comprenderlo en profundidad. Este fenómeno se convierte en la unidad y puede ser una persona, organización u objeto. En consecuencia, el presente estudio pretende evaluar la usabilidad y experiencia de usuario de la interfaz 3D móvil con HMD para usuarios con discapacidad motora en la zona cervical a través del cuestionario de Escala de Usabilidad del Sistema de Brooke (1996).

Atendiendo a estas consideraciones, la investigación se establecerá dentro del diseño no experimental, ya que no se llevarán a cabo procedimientos que infrinjan la realidad de los hechos estudiados, sino que, en la misma se interpretará el fenómeno de la variable en

estudio bajo los preceptos lógicos y objetivos planteados por el investigador durante la recaudación de los datos en la consulta del encuestado.

Para Arias (2006), el diseño de la investigación es la estrategia adoptada por el investigador para responder al problema planteado, es decir, el procedimiento concebido para obtener la información deseada. Sin embargo, el diseño señala al investigador lo que debe hacer para alcanzar sus objetivos de estudio, a fin de dar respuesta a las interrogantes de conocimiento planteado. Esta investigación es no experimental, ya que en ella no se manipulan las variables, es decir, no se pretende modificar la realidad actual de las variables usabilidad e interfaz 3D, ni tampoco los efectos de estas variables sobre los pacientes con discapacidad motora en la zona cervical.

De acuerdo con lo planteado por Hernández *et al.*, (2010), la investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente variables; es decir, se observa el fenómeno tal y como se da en su contexto natural, para poder analizarlos.

De las reflexiones anteriores, la investigación se clasificó dentro del tipo transeccional descriptiva, debido a que la recolección de los datos de interés para verificar la autenticidad de la información sobre las variables en estudio se establecerá según los criterios del investigador y en el lapso programado, para ello, Hernández (2014), estos estudios recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, teniendo como propósito describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Con este tipo de investigación, se pretende documentar en un solo momento, la usabilidad y experiencia de usuario de pacientes con discapacidad motora en la zona cervical con la interfaz 3D móvil con HMD diseñada para las terapias de Flexo-Extensión del cuello, Rotación lateral del cuello y Giro (Rotación) de la cabeza. Esta experiencia se medirá a través del cuestionario SUS que traducirá este ejercicio en una puntuación, a través de la escala Likert empleada para respuestas de cinco niveles, sin embargo, el carácter de la información recogida será cualitativa, por cuanto da cuenta del comportamiento, actitudes, entre otras, que son cualidades del objeto observado.

En ese sentido, la puntuación total recogida por el cuestionario será a través de: Usabilidad de la Interfaz 3D móvil, Complejidad de la Interfaz 3D móvil, Asistencia de un experto, Funcionalidad, Consistencia de la interfaz 3D móvil y Confianza en el uso de la Interfaz 3D móvil.

En este respecto, la muestra intencional consta de cinco personas, entre ellos:

- 3 expertos en desarrollo de software y en Interacción Humano-Computador (HCI) de Compensar Unipanamericana, Fundación Universitaria.
- 2 pacientes con discapacidad motora en la zona cervical.

En otro respecto, la presente investigación se suscribe como un diseño de campo, el cual persigue como fin obtener una descripción detallada del problema planteado, mediante la observación a través de un cuestionario en el sector objeto de estudio representando de forma directa hechos extraídos de la realidad del lugar, mediante fuentes referenciales de primera mano. Arias (2006), expone que la investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente en la realidad donde se generan los hechos, sin manipular o controlar variable alguna.

En relación con los aspectos planteados esta investigación se presenta como de campo, debido a que la misma persigue como fin obtener una descripción detallada del problema planteado considerando la observación en el lugar de estudio donde los datos serán extraídos directamente de la realidad, es decir en la usabilidad y experiencia de usuario de la interfaz 3D móvil con HMD en pacientes con discapacidad motora. Asimismo, el diseño es transeccional, según Hernández *et al.* (2010), debido a que se encargan de recolectar datos en un tiempo y momento único, su propósito es estudiar la variable y analizar su incidencia en un momento dado.

Por último, la presente investigación se sitúa como un diseño no experimental, en el cual los datos de interés para la investigación serán extraídos de fuentes primarias, es decir directamente de la realidad donde ocurre el fenómeno objeto de investigación, siendo en este particular el análisis de la variable, por su parte, Hernández *et al.* (2010), plantean que la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlo.

Resultados

Por muchos años y desde siempre, los campos de la ingeniería y la medicina han encontrado espacios para la colaboración en donde de forma interdisciplinar han podido dar sus aportes con la intención de mejorar muchos de sus procesos y así optimizar la calidad de vida de los pacientes. En cuanto a la rehabilitación, se encuentran muchos equipos que ayudan a la mayor parte de las labores de fisioterapia, contando actualmente con sistemas o aplicaciones interactivas que permiten registrar y llevar historiales médicos de mejora para cada uno de los que hacen parte de estas terapias, ayudando a pacientes con discapacidad. En ese sentido y como parte de la investigación, se hizo ineludible comprobar a través de la prueba Escala de Usabilidad del Sistema de Brooke, (1996), la usabilidad de la Interfaz 3D móvil con HMD para usuarios con discapacidad motora en la zona cervical, específicamente, en terapias de Flexo-Extensión del cuello, Rotación lateral del cuello y Giro (Rotación) de la cabeza

Inicialmente, se mostrará la dinámica dentro del juego para contextualizar sus funcionalidades y como paso seguido, los resultados de la prueba aplicadas a la población intencionalmente seleccionada.

Instalación de la App en el dispositivo móvil

Paso 1: Instalación de la Interfaz 3D móvil.

Como primer paso, el usuario se dispone a ubicar el archivo de la app en el lugar donde fue copiado y procede a ejecutar la instalación haciendo “tap” sobre el mismo.



Figura 3. Ubicación local de la aplicación. En este caso, la demostración copió el archivo de instalación en la “Memoria interna” del dispositivo móvil y a través de la aplicación de “archivos” se logró ubicar físicamente.

Fuente: Elaboración propia (2019).



Figura 4. Ejecución de la aplicación. Una vez que se ejecuta la aplicación en el dispositivo móvil haciendo “tap” sobre la pantalla, se efectúa la pregunta: “¿Deseas instalar esta aplicación? No requiere accesos especiales”, mostrando los botones “Cancelar” e “Instalar”.

Fuente: Elaboración propia (2019).



Figura 5. Ejecución de la instalación.

Fuente: Elaboración propia (2019).



Figura 6. Finalización de la instalación. Luego de concluir la instalación, el sistema informará que ya es posible hacer uso de la aplicación con el siguiente mensaje que puede ser similar al expuesto en la demostración.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Paso 2: Activar la rotación automática en el móvil.

Con este paso, el móvil permite que la imagen rote de acuerdo con la disposición del teléfono.



Figura 7. Botón para activar el giro automático de la imagen en el móvil. Se activa el botón de “giro automático” para permitir a la aplicación ajustarse cuando se gire el móvil.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Paso 3: Uso del accesorio HMD y disposición sobre la cabeza del usuario.



Figura 8. Equipo HMD. Equipo donde se dispone el móvil una vez ejecutada la aplicación. En este punto, se debe introducir el teléfono dentro del accesorio HMD para poder observar la Interfaz 3D e interactuar con la aplicación.

Fuente: Elaboración propia (2019).



Figura 9. Equipo HMD sobre la cabeza del usuario.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Funcionalidades de la Interfaz 3D móvil

Menú Principal

En este escenario, el usuario inicia la interacción con la interfaz 3D, donde se encuentran dos botones: **“Iniciar”** e **“Información”** en la pantalla inicial. Desde esta vista, el paciente podrá observar un “punto” que corresponde al “puntero” de la aplicación y con

movimientos de cabeza desplazarse por toda la pantalla del entorno virtual para seleccionar una de las opciones mencionadas. Es necesario, apuntar a uno de los botones durante dos segundos para iniciar la aplicación.



Figura 10. Pantalla inicial de la aplicación. Si se selecciona la opción de “información”, se desplegará un texto flotante brindando información al paciente acerca de la interfaz 3D móvil.

Fuente: Elaboración propia (2019).



Figura 11. Texto flotante con información acerca de la Interfaz 3D móvil.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Al seleccionar la opción **“Iniciar”**, la interfaz se ejecutará, llevando al usuario al siguiente módulo: **“Habitación Principal”**.

En esta habitación se encuentran los *tres fisioterapeutas* ubicados en diferentes lugares; asimismo, se visualizan algunos objetos decorativos que no ofrecen interactividad y no podrán ser traspasados al momento de desplazarse por la sala. Al iniciar, el paciente podrá ver las indicaciones de cómo navegar por la habitación, para lo cual es necesario girar la cabeza a un ángulo 30 grados con respecto al piso para desplazarse por la habitación.



Figura 12. Habitación principal. Al seleccionar la opción “Iniciar” se muestra el texto flotante.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Los fisioterapeutas se encuentran en diferentes lugares de la habitación principal y al aproximarse a cada uno, mostraran dos opciones: **“Leer acerca de la terapia”** e **“Iniciar terapia”**, ambas opciones funcionan apuntando la mirada hacia ellos durante dos segundos.

Si el usuario selecciona **“Leer acerca de la terapia”** se desplegará un texto flotante frente al instructor, el cual describirá la terapia a realizar. Si se selecciona **“Iniciar Terapia”**, el paciente será transportado al siguiente escenario.

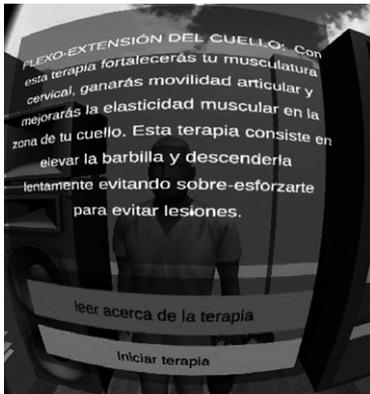


Figura 13. Instructor primera terapia.

Fuente: Elaboración propia (2019).

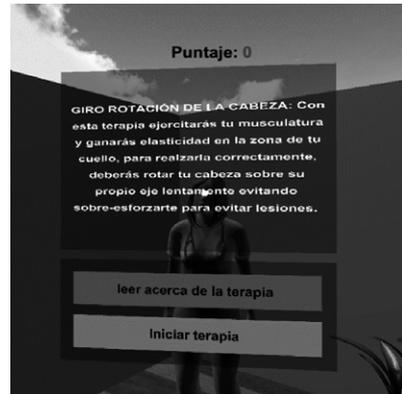


Figura 14. Instructor segunda terapia.

Fuente: Elaboración propia (2019).

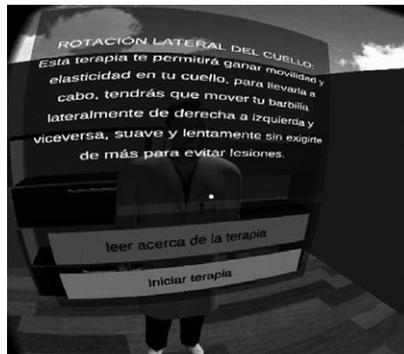


Figura 15. Instructor tercera terapia.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Escenarios

Una vez el paciente haya seleccionado la opción **“Iniciar Terapia”**, será transportado a otra habitación en la cual no podrá desplazarse, donde:

- Deberá observar figuras geométricas fijamente por cinco segundos, las cuales desaparecerán una vez completado el tiempo y reaparecerán en otra ubicación, obligando al paciente a mover su cabeza en varias direcciones dependiendo de la terapia.
- Cada terapia tendrá 10 repeticiones como máximo.
- Todas las terapias tienen una opción de **“salir”**, en caso de que el paciente no quiera continuar con éstas y se encuentra en una de las esquinas de la habitación.

Terapia: Flexo-Extensión del Cuello.

Las figuras geométricas previamente mencionadas aparecerán en la parte superior e inferior frente al paciente, de tal manera, que cuando el paciente mueva la cabeza para poder observarlas tendrá que mover su cabeza hacia atrás y mirar hacia arriba para luego bajar su mentón hacia el pecho y mirar hacia abajo, de esta manera se realizan ambos movimientos de *flexión* y *Extensión* de cuello.

Con este adiestramiento, se ejercitarán los músculos *recto anterior* y *largo* de la cabeza, el trapecio, los músculos anteriores del cuello y los fascículos superiores del dorso como se afirma en el Módulo de bases anatómicas y fisiológicas del deporte por Justo García.

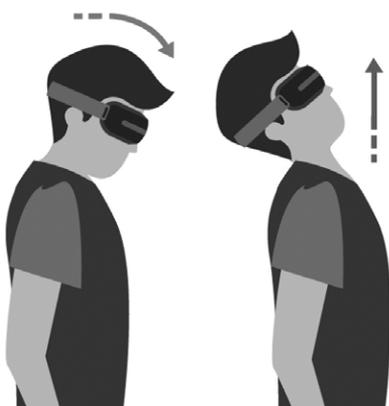


Figura 16. Ejecución de la terapia de Flexo-Extensión del Cuello.

Fuente: Freepik.es (2019).

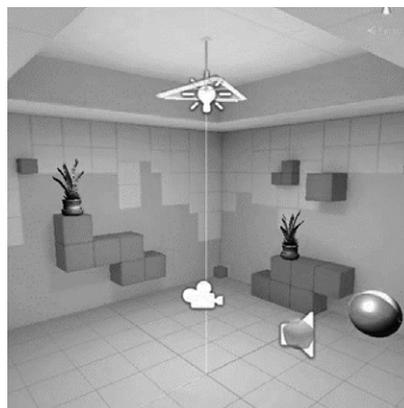


Figura 17. Plano habitación (Escenario) para la terapia número 1 en 3D. En este escenario, el usuario realizará la terapia llamada Flexo-Extensión del Cuello.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Terapia: Rotación Lateral del Cuello

En este escenario, las figuras aparecerán hacia los costados laterales del paciente, de tal manera que éste tenga que girar su cabeza noventa grados lateralmente, obteniendo un resultado de ciento ochenta (180) grados contando el movimiento de izquierda a derecha y viceversa, ejercitando de esta forma su cuello.

Con este ejercicio se ejercitarán los *oblicuos externos* e *internos* de la cabeza, el *esplenio*, el *esternocleidomastoideo* y el *fascículo oblicuo superior* del cuello como se afirma en el Módulo de bases anatómicas y fisiológicas del deporte por Justo García.

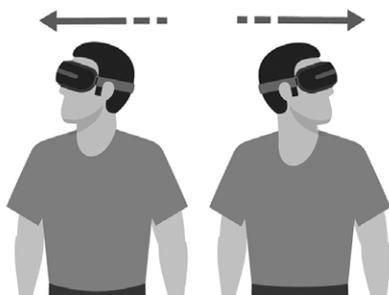


Figura 18. Ejecución de la terapia de Rotación Lateral del Cuello.

Fuente: Freepik.es (2019).

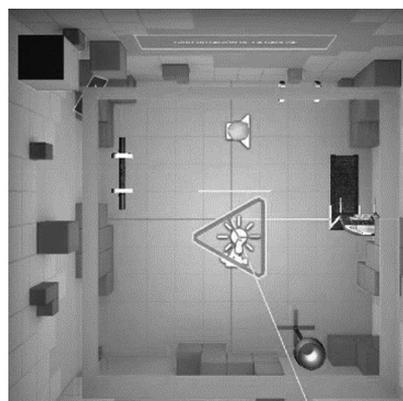


Figura 19. Plano habitación (Escenario) para la terapia número 2 en 2D. En este escenario el usuario realizará la terapia llamada Giro de Rotación de la Cabeza.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Terapia: Giro (Rotación) de la Cabeza

Consiste en realizar el seguimiento de figuras que permitirán mover la cabeza de manera rotatoria, de esta forma, al girar, las orejas del paciente se acercarán al hombro respectivo (oreja izquierda-hombro izquierdo, oreja derecha-hombro derecho), para luego llevar la cabeza hacia atrás, mentón alto y mirada hacia arriba, nuevamente se acerca la oreja del paciente a su hombro y finalmente se mueve la cabeza hacia adelante de manera que el paciente mire hacia el suelo y su barbilla se acerque a su pecho. Ejercitando así múltiples músculos del cuello, cabeza y parte superior del tronco con dichos movimientos, tal y como se afirma en el Módulo de bases anatómicas y fisiológicas del deporte por Justo García.



Figura 20. Ejecución de la terapia de Rotación Lateral del Cuello.

Fuente: Freepik.es (2019).

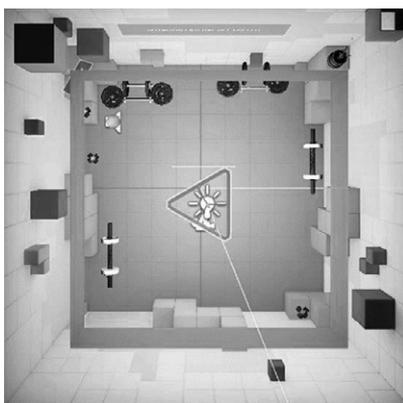


Figura 21. Plano habitación (Escenario) para la terapia número 3 en 2D. En este escenario el usuario realizará la terapia llamada Rotación Lateral del Cuello.

Fuente: Elaboración propia (2019).

A continuación, se muestra el cuestionario que se presentó para evaluar la usabilidad y experiencia de usuario de la interfaz 3D móvil con HMD.

Por favor responda las siguientes preguntas entre 1 y 5, siendo 1 total desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo:

- 1 Creo que usaría esta interfaz 3D frecuentemente.
R: _____
- 2 Encuentro esta interfaz 3D innecesariamente compleja.
R: _____
- 3 Creo que la interfaz 3D fue fácil de usar.
R: _____
- 4 Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar esta interfaz 3D.
R: _____
- 5 Las funciones de esta interfaz 3D están bien integradas.
R: _____
- 6 Creo que la interfaz 3D es muy inconsistente.
R: _____
- 7 Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar esta interfaz 3D en forma muy rápida.
R: _____
- 8 Encuentro que la interfaz 3D es muy difícil de usar.
R: _____
- 9 Me siento confiado al usar esta interfaz 3D.
R: _____
- 10 Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar esta interfaz 3D.
R: _____

Una vez finalizado el cuestionario por parte de la muestra intencional de cinco personas, se procedió de acuerdo con el modelo SUS al cálculo de la puntuación final.

A continuación, se muestra el sistema de puntuación SUS:

SUS produce un solo número que representa una medida compuesta de la usabilidad general del sistema que se está estudiando.

Tenga en cuenta que las puntuaciones para los elementos individuales no son significativas por sí mismas.

Para calcular el puntaje del SUS, primero sume las contribuciones de puntaje de cada elemento. La contribución de puntaje de cada ítem variará de 0 a 4.

Para los ítems 1,3,5,7 y 9, el aporte de puntaje es la posición de escala menos 1.

Para los ítems 2,4,6,8 y 10, el aporte es 5 menos la posición de la escala.

Multiplique la suma de los puntajes por 2.5 para obtener el valor general de SU.

Los puntajes del SUS tienen un rango de 0 a 100.

Tabla 5. Resultados prueba SUS.

#	Pregunta	HCI 1				Ponderación	HCI 2				Ponderación	HCI 3				Ponderación	Paciente 1				Ponderación	Paciente 2				Ponderación
		1	2	3	4		1	2	3	4		5	1	2	3		4	5	1	2		3	4	5	1	
1	Creo que usaría esta interfaz 3D frecuentemente				X	4				X	4				X	4				X	3				X	4
2	Encuentro esta interfaz 3D innecesariamente compleja	X				4	X				3	X				4	X				3	X				3
3	Creo que la interfaz 3D fue fácil de usar			X		4			X		4			X		3			X		3			X		3
4	Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar esta interfaz 3D	X				3	X				3	X				3	X				3	X				4
5	Las funciones de esta interfaz 3D están bien integradas.			X		4			X		4			X		4			X		4			X		3
6	Creo que la interfaz 3D es muy inconsistente	X				3	X				4	X				4	X				4	X				4
7	Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar esta interfaz 3D en forma muy rápida.			X		4			X		4			X		4			X		4			X		3
8	Encuentro que la interfaz 3D es muy difícil de usar	X				4	X				4	X				4	X				4	X				4
9	Me siento confiado al usar esta interfaz 3D.			X		4			X		3			X		4			X		4			X		4
10	Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar esta interfaz 3D	X				4	X				4	X				4	X				4	X				4
Total						95					82,5					95					90					90
Promedio						90,5																				

Fuente (Elaboración propia 2019).

A continuación, se muestra la gráfica correspondiente a cada pregunta formulada.

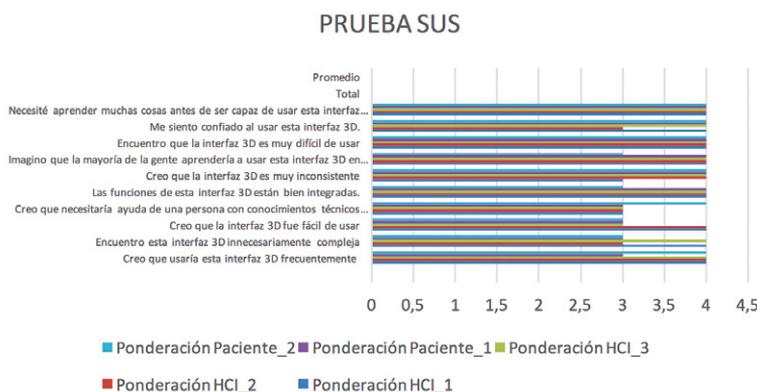


Figura 22. Gráfica de resultados de prueba SUS.

Fuente: Elaboración propia (2019).

El valor resultante de la muestra intencional fue de 90.5 puntos, lo cual valida el nivel de usabilidad y experiencia de usuario que mostró la Interfaz 3D móvil con HMD como herramienta innovadora para la ejecución de terapias de Flexo-Extensión del cuello, Rotación lateral del cuello y Giro (Rotación) de la cabeza.

Sin embargo, es de especial interés revisar de forma exhaustiva los resultados ofrecidos con respecto a las preguntas “4” y “6” referentes a: “Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar esta interfaz 3D” y “Creo que la interfaz 3D es muy inconsistente” respectivamente, donde no se obtuvo la mayor puntuación a los fines de satisfacer la demanda de todos quienes evaluaron el software.

Conclusiones

Las pruebas de usabilidad y experiencia de usuario de un sistema representan el grado de subjetividad de contexto para lo cual ha sido desarrollado un software, que permiten validar con claridad la integración de sus servicios de cara al cliente para lograr objetivos concretos de efectividad, eficiencia y satisfacción en un dominio específico. Asimismo, el usuario debe tener la posibilidad de ejecutar tareas a través del uso del sistema informático, el sistema de proveer un producto resultante de calidad, además de disponer de capacidades para ser entendido, aprendido con facilidad, atractivo a manera de generar sinergias positivas y menos reticencias.

En virtud de lo antes mencionado y considerando las evidencias producto de la revisión bibliográfica llevada a cabo, se precisó el número de evaluadores para definir el índice de usabilidad y experiencia de usuario de la interfaz 3D móvil con HMD para usuarios con movilidad reducida en la zona cervical. En consecuencia, resultó con una ponderación positiva de 90.5 en las pruebas de SUS llevadas a cabo, sin embargo, se hace necesario evaluar las cuestiones que no resultaron favorecedoras, para optimizar su funcionamiento.

Finalmente, se espera a futuro capturar la retroalimentación producto del despliegue de la aplicación en grandes grupos con discapacidad motora, donde a través de la prueba SUS se obtendrá nueva información con respecto a la usabilidad y experiencia de usuario que demuestre el software.

Bibliografía

- Arias, L. (2006). *Investigación Científica*. Editorial, 2da Edición. Mc Graw Hill.
- Brooke, J. (1996). SUS: *A quick and dirty usability scale*. En J. Brooke, & B. T. P. W. Jordan (Ed.), *Usability Evaluation in Industry* (págs. 189-195). ed USA: Taylor & Francis. doi:<https://doi.org/10.1201/9781498710411>
- Cirlot, L., Buxó, M., Casanovas, A y Estévez, A. (2007). *Arte, Arquitectura y sociedad Digital*. Barcelona: Publicacions I Edicions Universitat De Barcelona.

- Dols, J. (2004). *La seguridad Vial y las personas de Movilidad Reducida*. doi:DOI: 10.13140/RG.2.1.3435.1605
- Gerring, J. (2004). *What is a Case Study and What is it Good for? En American Political Science Review*. Recuperado el 05 de 05 de 2019, de http://www.ie.ufrj.br/hpp/intranet/pdfs/texto_3_-_aula_3.pdf
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F: McGrawHill.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación. 5ª edición*. México: Mc. Graw-Hill.
- Hurtado, M., Aguilar, J., Mora, A., Sandoval, C., Peña, C y León, A. (2012). *Identificación de las barreras del entorno que afectan la inclusión social de las personas con discapacidad motriz de miembros inferiores*. Salud Uninorte, 28(2), 227-237.
- ISO. (1998). *9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)*.
- ISO. (2001). *IEC 9126-1: Software Engineering-Product Quality-Part 1: Quality Model*. Switzerland: Geneva.
- Marrero, C. (2006). *Interfaz gráfica de usuario*. Obtenido de http://www.chr5.com/investigacion/investiga_igu/igu_aproximacion_semio-cognitiva_by_chr5.pdf
- Martínez Miguélez, M. (2004). *Ciencia y arte en la metodología cualitativa*. México.
- Molero Suárez, L., Batista, J y Puentes, M. (2019). *Transformación digital desde la cultura tecnológica en las instituciones de educación superior del estado zulia*. Consensus, Santiago de Chile, Chile.
- Molero Suárez, L., Ospina Rodriguez, P., Ayala Escobar, E y Lozano Rojas, H. (2019). Discapacidad motora y la rehabilitación desde los ambientes virtuales basados en Kinect. En L. Molero Suárez, P. Ospina Rodriguez, E. Ayala Escobar, & H. Lozano Rojas, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VI. (págs. 174-186). Bogotá Colombia: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero Suárez, L., Ospina Rodriguez, P., Quevedo, M., Montenegro, J y Castiblanco, L. (2019). Gamming, una estrategia para la rehabilitación de personas con discapacidad. En L. Molero Suárez, P. Ospina Rodriguez, M. Quevedo, J. Montenegro, & L. Castiblanco, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*, Volumen VI. (págs. 134-144). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero Suárez, L., Villarraga, M., Inciarte, V., Molero, L y Rodríguez, D. (2019). Dimensiones de la responsabilidad social como estrategia de compromiso

- corporativo en la educación superior. En L. Molero, M. Villarraga, V. Inciarte, L. Molero, & D. Rodríguez, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VIII. Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Molero Sáez, L., Villarraga, M., Molero, L., Inciarte, V y Sosa, A. (2019). Responsabilidad social como factor multidimensional para concientizar a empresarios sobre su importancia e influencia en empresa, gobierno y sociedad. En L. Molero, M. Villarraga, L. Molero, & A. Sosa, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. Volumen VII. . (págs. 156-164). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Mora, A. (04 de 04 de 2019). *PCWorld de IDG*. Recuperado el 17 de 07 de 2019, de <https://www.pcworld.es/mejores-productos/otros-dispositivos/cascos-realidad-virtual-3681582/#toc-3681582-4>
- Moya Fernández, F., González Morcillo, C., Villa Alises, D., Pérez Camacho, S., Redondo Duque, M., Mora Castro, C., . . . García Corchero, M. (2013). *Desarrollo de Videojuegos - 2da Edición . Técnicas Avanzadas*. España: Universidad de Castilla la Mancha.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering vol. 1st edition*. San Diego, CA, USA: Academic Press.
- Ospina, P., Molero Suárez, L., Lozano, H., Becerra, Y y Ruiz, J. (2019). Capital intelectual y responsabilidad social en entornos de programación de realidad virtual. En P. Ospina, L. Molero, H. Lozano, Y. Becerra, & J. Ruiz, *tendencias en la investigación universitaria: una visión desde latinoamérica*. Volumen VII. . (págs. 74-84). Santa Ana de Coro, Venezuela: Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero.
- Paz Espinoza, F. (2017). *Método para la evaluación de usabilidad de sitios web transaccionales basado en el proceso de inspección heurística (Tesis Doctoral)*. Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9903>
- Veloz Arce, A. (2016). *De la interfaz del usuario al responsive web design*. AUC revista de arquitectura(37), 59-66. Recuperado el 07 de 17 de 2019, de <http://editorial.ucsg.edu.ec/ojs-auc/index.php/auc-ucsg/article/view/8>

“Gamificación y Discapacidad. Una alternativa socialmente responsable”

Una publicación financiada por la Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana. Editada por el Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero. Coedición Alianza de Investigadores Internacionales. S.A.S. ALININ.

Es una publicación de la colección Unión Global. El libro se publica en versión digital e impresa, corresponde al GIIS Grupo de Investigación de Ingenierías de la Corporación Universitaria Panamericana UNIPANAMERICANA Bogotá- Colombia, con el respaldo de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UPTAG), Falcón -Venezuela, la Alianza de Investigadores Internacionales (ALININ), Antioquia – Colombia y sus instituciones aliadas: Cuerpo de Bioeconomía y Biondesarrollo en organizaciones públicas y privadas de la Universidad de Guanajuato (UG), Celaya – México, el Centro de Investigación, Formación y Capacitación Tecnológica CIFCAT San Miguel de Allende - México, Zumaque Consultores ZC. C.A. Venezuela, Universidad Politécnica de Guanajuato (UPG), Celaya-México, Universidad Continente Americano (UCA), Celaya-México y la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) sede Ambato – Ecuador, bajo la supervisión del Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero, Santa Ana de Coro – Falcón. Tiraje 100 libros. Este libro se diseñó en el mes de noviembre de 2019.

Este libro se terminó de imprimir en
Editorial Artes y Letras S.A.S.
en diciembre de 2019

“Gamificación y Discapacidad. Una alternativa socialmente responsable”

VOLUMEN I
COLECCIÓN UNIÓN GLOBAL

Una publicación financiada por la Fundación Universitaria Panamericana Unipanamericana. Editada por el Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero. Coedición Alianza de Investigadores Internacionales. S.A.S. ALININ.

Es una publicación de la colección Unión Global. El libro se publica en versión digital e impresa, corresponde al GIS Grupo de Investigación de Ingenierías de la Corporación Universitaria Panamericana UNIPANAMERICANA Bogotá- Colombia, con el respaldo de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero [UPTAG], Falcón -Venezuela, la Alianza de Investigadores Internacionales [ALININ], Antioquia - Colombia y sus instituciones aliadas: Cuerpo de Bioeconomía y Biodesarrollo en organizaciones públicas y privadas de la Universidad de Guanajuato [UG], Celaya - México, el Centro de Investigación, Formación y Capacitación Tecnológica CIFICAT San Miguel de Allende - México, Zumaque Consultores ZC. C.A. Venezuela, Universidad Politécnica de Guanajuato [UPG], Celaya-México, Universidad Continente Americano [UCA], Celaya-México y la Pontificia Universidad Católica del Ecuador [PUCE] sede Ambato - Ecuador, bajo la supervisión del Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero, Santa Ana de Coro - Falcón. Tiroje 100 libros. Este libro se diseñó en el mes de noviembre de 2019.

ISBN:978-980-7857-20-8



9 789807 857208