

Realidad virtual para rehabilitación de extremidades superiores

José Alfonso Gómez Sánchez

a-gomezs@choapas.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-4395-9831>

Tecnológico Nacional de México /ITS de Las Choapas
Veracruz, México.

Selene García Nieves

s-garcia@choapas.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9412-3110>

Tecnológico Nacional de México /ITS de Las Choapas
Veracruz, México.

José Antonio Zárate Urgell

a-zarateu@choapas.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1442-0121>

Tecnológico Nacional de México /ITS de Las Choapas
Veracruz, México.

Gerardo Antonio Gómez Izquierdo

isic@choapas.tecnm.mx

Tecnológico Nacional de México /ITS de Las Choapas

RESUMEN

Las afecciones de salud pueden afectar a la funcionalidad de una persona y están vinculadas con niveles más altos de discapacidad, para los que la rehabilitación puede ser beneficiosa. Por lo anterior, el objetivo de este artículo es desarrollar y evaluar un sistema de realidad virtual para rehabilitación de extremidades superiores. Para lograr el objetivo, primero se obtuvieron los requerimientos basándose en el normativo vigente, así como en encuestas y entrevistas con pacientes y fisioterapeutas. Posteriormente, se diseñó y desarrolló un sistema de realidad virtual para rehabilitación de extremidades superiores. Finalmente, se realizó una evaluación del sistema de realidad virtual con pacientes y fisioterapeutas, en donde se obtuvieron resultados favorables de utilidad, de facilidad de uso e intención de uso del sistema.

Palabras clave: *realidad virtual; extremidades superiores; tecnología virtual.*

Correspondencia: a-gomezs@choapas.tecnm.mx

Artículo recibido 15 enero 2023 Aceptado para publicación: 05 febrero 2023

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Gómez Sánchez, J. A., García Nieves, S., Zárate Urgell, J. A., & Gómez Izquierdo, G. A. (2023). Realidad virtual para rehabilitación de extremidades superiores. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 6713-6728. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4919

Virtual reality for rehabilitation of upper extremities

ABSTRACT

Health conditions can affect a person's functionality and are associated with higher levels of disability, for which rehabilitation can be beneficial. Therefore, the objective of this article is to develop and evaluate a virtual reality system for rehabilitation of upper extremities. To achieve the objective, the requirements were first obtained based on current regulations, as well as on surveys and interviews with patients and physiotherapists. Subsequently, a virtual reality system for rehabilitation of upper extremities was designed and developed. Finally, an evaluation of the virtual reality system was carried out with patients and physiotherapists, where favorable results of utility, ease of use and intention to use the system were obtained.

Keywords: *virtual reality; superior limbs; virtual technology.*

INTRODUCCIÓN

La rehabilitación es una parte esencial de la cobertura sanitaria universal, junto con la promoción de la buena salud, la prevención de enfermedades, el tratamiento y los cuidados paliativos. La rehabilitación ayuda a los niños, los adultos o las personas mayores a ser lo más independientes posible en su día a día y les permite participar en actividades educativas, laborales o recreativas o llevar a cabo las tareas que dan sentido a su vida, como atender a la familia.

En el ámbito mundial, se estima que 2400 millones de personas tienen alguna afección de salud que se beneficia de la rehabilitación (OMS1, 2021).

Se prevé que la necesidad de rehabilitación aumente en todo el mundo debido a los cambios en la salud y las características de la población. En algunos países de ingreso bajo y mediano, más del 50% de las personas no reciben los servicios de rehabilitación que precisan. Los servicios de rehabilitación se encuentran también entre los servicios de salud más afectados por la pandemia de COVID-19.

En muchas partes del mundo, más de la mitad de las personas de algunos países de ingreso bajo y mediano que precisan servicios de rehabilitación no los reciben. Los servicios de rehabilitación se encuentran en general entre los servicios de salud más afectados por la pandemia de COVID-19.

Las necesidades de rehabilitación mundial siguen sin estar atendidas debido a múltiples factores, como:

- La falta de un orden de prioridades, así como de fondos, políticas y planes de rehabilitación a nivel nacional.
- La falta de servicios de rehabilitación fuera de las zonas urbanas, y los largos plazos de espera.
- Los elevados gastos directos y la inexistencia o insuficiencia de medios de financiación.
- La falta de profesionales cualificados para prestar servicios de rehabilitación: en muchos contextos de ingresos bajos y medianos, la proporción es de menos de 10 profesionales cualificados por cada millón de habitantes.
- La falta de recursos, en particular tecnología de apoyo, equipo o artículos fungibles.
- La necesidad de más investigación y datos sobre la rehabilitación.

- La ineficacia y la infrautilización de las vías de derivación de pacientes a rehabilitación.

Afectaciones en extremidades superiores pueden ser por distintos factores, entre ellos por alguna discapacidad, de acuerdo a la Organización Mundial de la salud (OMS2, 2021):

- Más de mil millones de personas, o sea en torno al 15% de la población mundial, tienen algún tipo de discapacidad.
- El número de personas con discapacidad aumenta vertiginosamente, lo que se explica, entre otras causas, por las tendencias demográficas y la creciente prevalencia de dolencias crónicas.
- Hay una necesidad urgente de ampliar los servicios destinados a las personas con discapacidad en la atención primaria de salud, especialmente las intervenciones de rehabilitación.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020, en México hay 6,179,890 personas con algún tipo de discapacidad, lo que representa 4.9 % de la población total del país. De ellas 53 % son mujeres y 47 % son hombres (INEGI, 2020).

De acuerdo con la metodología del Grupo de Washington, la discapacidad se identifica a partir del grado de dificultad declarado en actividades consideradas como básicas. Los resultados de la ENADID 2018, mencionan que la actividad con dificultad de Mover o usar brazos y manos se presenta en un 9.5% de los niños (de 5 a 14 años) con discapacidad, en un 13.5 % de los jóvenes (de 15 a 29 años), en un 16.2 % en adultos (de 30 a 59 años) y en un 21 % en adultos mayores (de 60 años o más).

También se menciona que la causa de la dificultad para mover o usar brazos y manos se debe en un 49.4 % a una enfermedad, en un 22.7% a que nació así, en un 7% a edad avanzada, en un 17.6 % a un accidente, en un 0.4% a violencia y en un 2.9 % a otra causa (INEGI, 2019).

Las afecciones de salud pueden afectar a la funcionalidad de una persona y están vinculadas con niveles más altos de discapacidad, para los que la rehabilitación puede ser beneficiosa.

Se realizó una búsqueda científica para identificar qué trabajos relacionados contribuyen con la problemática rehabilitación abordada desde el aspecto tecnológico, destacándose las siguientes investigaciones:

Efectividad de la terapia de movimiento inducido por restricción del lado sano en la rehabilitación del miembro superior en pacientes con parálisis cerebral: revisión sistemática: Se llevó a cabo una revisión sistemática entre enero y abril del 2019 en las bases de datos PubMed, Cochrane, PEDro y TripDataBase. Se han incluido 14 estudios clínicos donde se describen sus características. La mayor parte de los estudios encuentran mejorías significativas frente a grupos controles. Se necesitan más estudios que valoren los factores individuales más influyentes en la rehabilitación (Martínez-Costa,2021).

Realidad virtual de bajo coste. Una nueva aplicación para rehabilitación motora de los miembros superiores en patología neurológica: Estudio piloto: El objetivo de este estudio es presentar una nueva aplicación de realidad virtual (RV) de bajo coste basada en el dispositivo Leap Motion Controller(LMC) desarrollada para la rehabilitación motora de miembros superiores tras patología neurológica y mostrar su viabilidad clínica realizando una experiencia piloto. Se realizó una prueba piloto con cuatro pacientes con afectación de miembros superiores con Upper Extremity Motor Score (UEMS) mayor de 10. Se presenta un nuevo desarrollo de RV basado en el dispositivo LMC y se ha comprobado su viabilidad clínica en pacientes neurológicos con afectación de los miembros superiores, sin embargo, es preciso realizar un estudio clínico con una muestra amplia para valorar su posible efectividad clínica como elemento de tratamiento (de los Reyes-Guzmán, 2021).

Realidad virtual en la rehabilitación motora de la mano en pacientes postictus: el objetivo fue revisar, desde la evidencia científica actual, las aplicaciones de la terapia de realidad virtual y su eficacia en la recuperación motora de la mano en pacientes que han sufrido un ictus. Se revisaron estudios sobre realidad virtual y se valoraron las características técnicas y sus aplicaciones en el tratamiento rehabilitador de la mano parética. Se seleccionaron artículos de revisión y estudios observacionales de las terapias con realidad virtual. Se precisan futuros ensayos clínicos que determinen la eficacia real de estas nuevas terapias (Martínez-Pino, 2018).

Diseño de un sistema de rehabilitación para miembro superior en entorno de realidad virtual: Este trabajo describe el diseño y desarrollo de un sistema capaz de adquirir señales electromiografías de superficie, digitalizarlas y procesarlas en una computadora personal, para ser usadas como control de un objeto de realidad virtual que representa

al miembro superior. Los resultados para los cuatro voluntarios estudiados, indican una tasa de clasificación positiva en promedio del 75% para cada uno de ellos (Muri et. al, 2013).

Efectos a largo plazo de la rehabilitación vestibular y el procedimiento de tarea de juego montado en la cabeza en la hipofunción vestibular unilateral: un seguimiento de 12 meses de un ensayo controlado aleatorio. Se estudiaron los efectos a largo plazo de la rehabilitación vestibular con HMD. De los 47 pacientes con hipofunción vestibular unilateral, a 24 se le administró una terapia vestibular convencional y a 23 con gafas de realidad virtual durante un mes. Este último grupo mejoró significativamente al año, tanto en la ganancia como en los parámetros posturográficos (Viziano et al., 2018).

Propuesta de un sistema con realidad virtual y electroestimulación para tratar el movimiento de dorsiflexión del tobillo: a propósito de un caso: El participante genera un progreso en la movilidad de dorsiflexión del 6,75% y mejora la precisión en el movimiento de dorsiflexión que se potencializa en cada sesión de evaluación, lo que supone una mejoría en el control motor y en la estabilidad del equilibrio del paciente. Se demuestra que la combinación de estos métodos de rehabilitación puede mejorar la movilidad del tobillo en personas que sufren un ACV y, a su vez, la necesidad de ampliar el estudio a una población representativa para consolidar los resultados obtenidos (Rosero-Herrera, 2021).

Efectos de la realidad virtual adicionada a un entrenamiento fisioterapéutico en pacientes con artroplastia total de rodilla: Se les realizó entrenamiento fisioterapéutico a 25 a pacientes postoperados de ATR que incluye el uso de realidad virtual durante 6 semanas. Las medidas de resultado fueron: el cuestionario de funcionalidad WOMAC; la escala Berg Balance; dolor con escala visual analógica (EVA); distancia recorrida con el test de marcha 6 min; el tiempo de traslado con test Time Up and Go (TUG) y la diferencia de la carga de peso en las extremidades inferiores. Al finalizar el tratamiento, el WOMAC total mostró una disminución de 17,2 puntos ($p = 0,00$), la EVA 2,2 cm ($p = 0,00$), el TUG 3 s ($p = 0,00$) y la diferencia de carga de 11,9 kg ($p = 0,00$). Por el contrario, el Berg Balance mostró un incremento de 9,8 puntos ($p = 0,00$) y el test de marcha 6 min de 105,7 m ($p = 0,00$). Un entrenamiento fisioterapéutico que adiciona realidad virtual, a corto plazo, mejora la funcionalidad en pacientes mayores de 50 años postoperados de ATR unilateral (Zavala et. al, 2019).

Rehabilitación mediante terapia de realidad virtual tras un accidente cerebrovascular: una revisión bibliográfica: el objetivo del proyecto fue analizar la eficacia de la RV como terapia de rehabilitación para la mejora del movimiento en adultos tras un ACV. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica mediante una búsqueda sistemática en las bases de datos PubMed, ScienceDirect y EBSCO (Medline Complete, Academic Search Complete, Academic Search Ultimate y E-Journal). Un total de 13 estudios cumplieron los criterios de inclusión y exclusión y los objetivos de la revisión. El tipo de RV más utilizada en la rehabilitación del ACV es la semiinmersiva de segunda persona, que suele aplicarse generalmente a los 6 meses del ACV. Desafortunadamente, todavía no se ha podido determinar la eficacia de la RV en función de la región cerebral afectada (Montalbán, 2020).

Descripción del efecto de los ejercicios de la extremidad superior ipsilateral realizados con realidad virtual en mujeres sometidas a mastectomía: estudio descriptivo realizado en mujeres con mastectomía unilateral sin enfermedad de hombro (n = 77; 41, grupo de estudio; 36 grupo de control), agrupadas conforme al tipo de mastectomía: parcial con ganglio centinela, parcial con vaciamiento axilar y radical modificada. Las pacientes fueron evaluadas con respecto al dolor con una escala visual análoga y al grado de funcionalidad de la extremidad superior ipsilateral a la mastectomía (QuickDASH). En los 3 grupos de pacientes mastectomizadas que se sometieron a rehabilitación física temprana con realidad virtual (consola Wii™) disminuyó el dolor; en las pacientes del grupo de control con mastectomía parcial con ganglio centinela y mastectomía radical modificada el dolor se incrementó. En las pacientes del grupo de estudio aumentó la funcionalidad de la extremidad superior ipsilateral a la mastectomía, especialmente en las del grupo con mastectomía radical modificada; en cambio, en las pacientes del grupo de control solo se incrementó levemente. Las pacientes mastectomizadas, al someterse a rehabilitación física temprana con realidad virtual, ven disminuido el dolor y experimentan un incremento en la funcionalidad de la extremidad superior ipsilateral a la mastectomía (Aguirre-Carvajal, 2015).

Se analizaron los trabajos relacionados y se determinó que existe un área de oportunidad para desarrollar un sistema de realidad virtual para rehabilitación de extremidades superiores. Es importante mencionar que la Realidad Virtual (RV) se

define como un entorno que puede ser de apariencia real o no, que da al usuario la sensación de estar inmerso en él.

Por lo anterior el objetivo de este artículo es “Desarrollar y evaluar un sistema de realidad virtual para rehabilitación de extremidades superiores”.

METODOLOGÍA

Metodología y modelo de desarrollo

Para el desarrollo de este proyecto se empleó la metodología de IBM, Rational Unified Process (RUP) y el modelo de desarrollo iterativo. RUP es un desarrollo de sistema prescriptivo y bien definido proceso, a menudo utilizado para desarrollar sistemas basados en tecnologías basadas en objetos y / o componentes. Es basado en principios sólidos de ingeniería de software, como adoptar un enfoque iterativo, orientado a los requisitos y centrado en la arquitectura para el desarrollo de software (Kruchten, 2004).

El modelo de proceso incremental se centra en que en cada incremento se entrega un producto que ya opera. Los primeros incrementos son versiones desnudas del producto final, pero proporcionan capacidad que sirve al usuario y también le dan una plataforma de evaluación. El desarrollo incremental es útil en particular cuando no se dispone de personal para la implementación completa del proyecto en el plazo establecido por el negocio (Pressman, 2010).

Obtención de los requerimientos

El primer elemento que se tomó en cuenta para obtener los requerimientos fueron mediante encuestas y entrevistas con especialistas y pacientes, el segundo elemento que se tomó en cuenta fue el normativo vigente.

Los requerimientos del sistema de realidad virtual se plasmaron en un formato del estándar IEEE 830 de especificación de requerimientos de software sistema, el estándar IEEE830 sugiere una serie de puntos a tener en cuenta para realizar un documento de requerimientos de software. Esta documentación consta de: Introducción, Descripción General y Requisitos específicos (Talledo, 2015).

Análisis de la información

De acuerdo a los requerimientos recopilados se procedió a realizar un análisis de la información y se concluyó que el sistema de realidad virtual debe contener lo siguiente:

- Una base de datos de la información de los niños.
- Creación de objetos propios en 3D.

- Una sala virtual animada para rehabilitación.
- Se debe desarrollar un escenario atractivo.
- Entorno de desarrollo en el software Unity.
- Se utilizarán gafas de realidad virtual Meta Quest 2.

Diseño de objetos en 3D

El siguiente paso fue el diseño de objetos en 3D, se diseñaron todos los objetos que contiene la sala de rehabilitación, estos objetos fueron realizados en el software Blender de acuerdo con objetos reales de una sala. En la Figura 1 a la 34 se pueden observar algunos de ellos.

Figura 1 Equipos de ejercicios



Figura 2 Máquina Flex



Figura 3 *Camilla de rehabilitación*



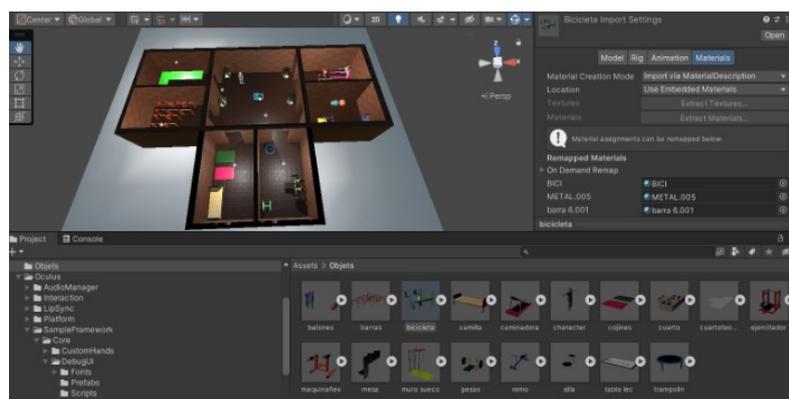
Figura 4 *Instructor virtual*



Desarrollo del sistema de realidad virtual

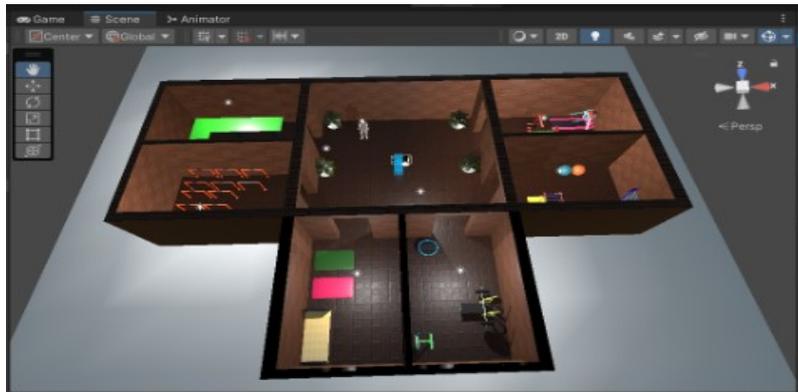
Sala de realidad virtual: se importó la sala de realidad virtual desarrollada en Blender al software Unity, en la Figura 5 se puede observar todos los objetos realizados en Blender.

Figura 5 *objetos importados a Unity*



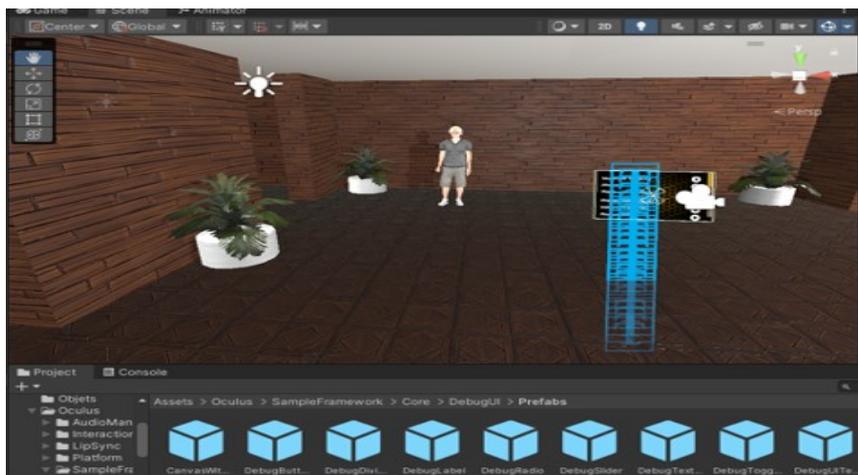
En la figura 6 se observa la vista superior de la sala virtual de rehabilitación.

Figura 6 Sala de realidad virtual



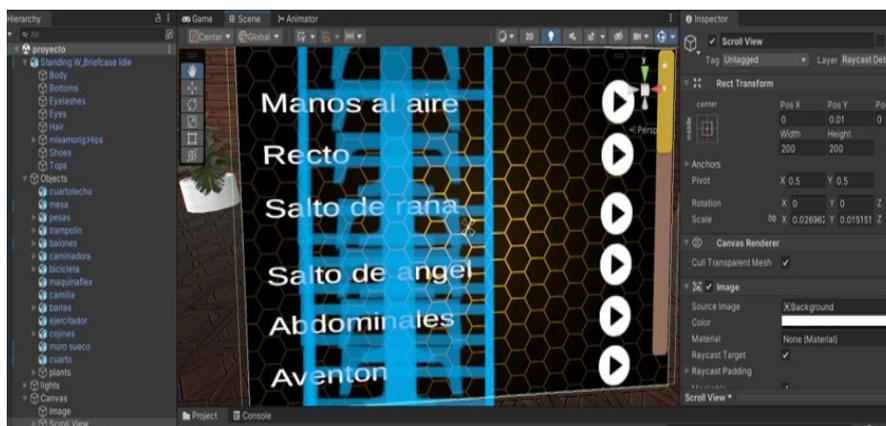
En la figura 7 se observa la vista frontal de una habitación con el instructor virtual y las indicaciones.

Figura 7 Sala frontal



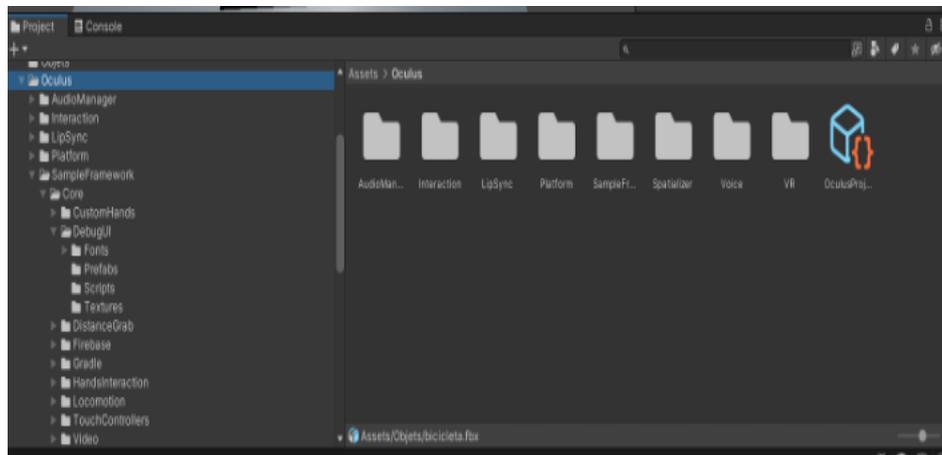
En la Figura 8 se observan algunos de los ejercicios de rehabilitación.

Figura 8 Lista de ejercicios



En la Figura 9 se observan los archivos importados para la operación de las gafas de realidad virtual Meta Quest 2.

Figura 9 Archivos importados de las gafas Meta Quest 2



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un experimento de evaluación para conocer las percepciones del sistema de realidad virtual en base a los factores de utilidad, facilidad de uso e intención de uso.

Para la evaluación, se trabajó con 10 pacientes con problemas en extremidades superiores y con 2 fisioterapeutas.

Primeramente, se les proporcionó una capacitación sobre el uso del sistema de realidad virtual. Al finalizar las actividades se aplicó una encuesta evaluativa de la aplicación a cada participante, con una duración aproximada de 10 minutos. Las respuestas de cada una de las preguntas se realizaron con una escala Likert de 5 niveles (completamente de acuerdo, de acuerdo, neutral, en desacuerdo, completamente en desacuerdo), se eligió la escala Likert por ser una de las herramientas más utilizadas por los investigadores cuando desean evaluar las opiniones y actitudes de una población o muestra seleccionada.

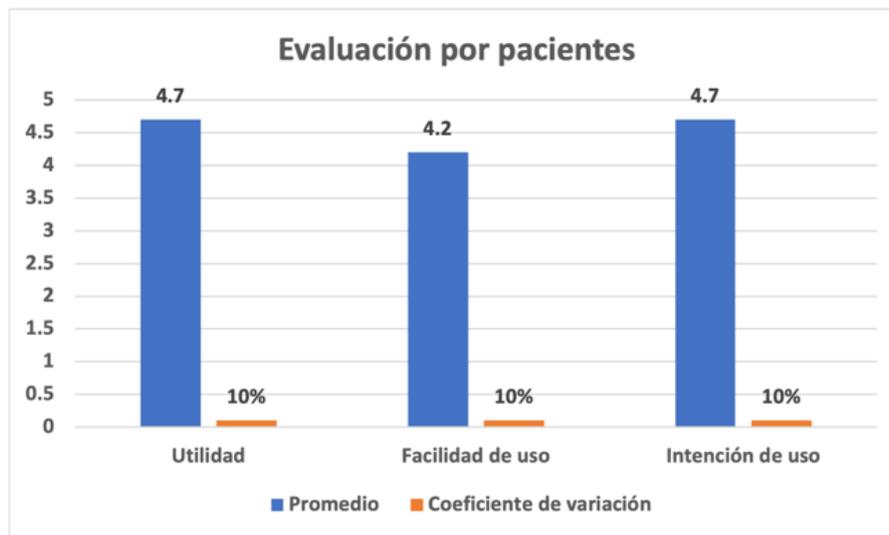
Los resultados de las encuestas se capturaron en el software estadístico SPSS. A continuación, se presentan los resultados de cada factor evaluado.

Resultados por parte de los pacientes.

En la Figura 10 se presenta el gráfico de la evaluación realizada por los 10 pacientes participantes en el experimento respecto al sistema de realidad virtual, en el factor de utilidad se obtuvo un promedio de 4.7, para el factor de facilidad de uso se obtuvo un promedio de 4.2 y para el factor de intención de uso se obtuvo un promedio de 4.7, los

cuales hacen referencia a que se encuentran en el rango de 4 (de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo), con coeficientes de variación de 10% respecto al promedio, por lo cual podría decirse que de manera general los pacientes consideran útil, fácil de usar y tienen la intención de usar el sistema de realidad virtual como herramienta de apoyo para rehabilitación de extremidades superiores. En la Figura 10 también se observa que en la facilidad de uso se obtuvo un valor de 4.2, siendo el valor más bajo de todos los aspectos evaluados, se preguntó con los participantes y comentaron que al inicio se les dificultó porque nunca habían utilizado gafas de realidad virtual.

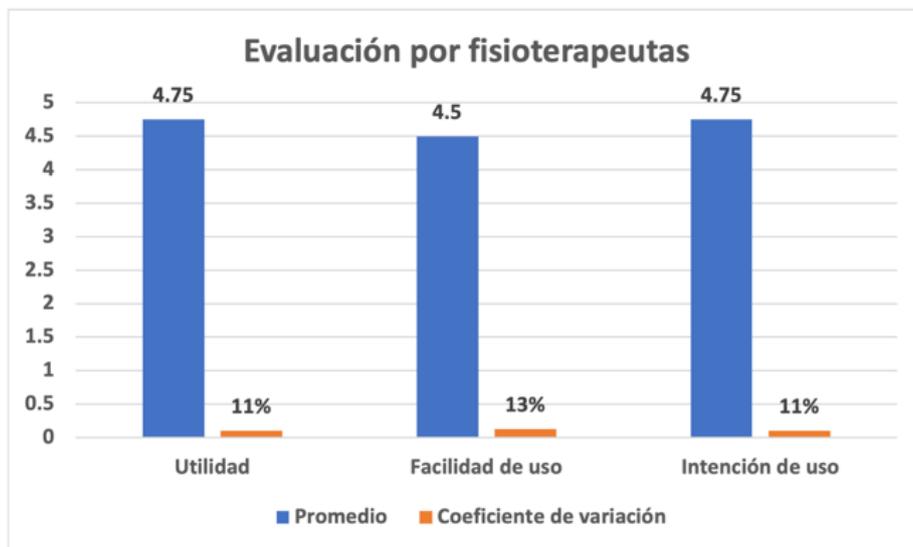
Figura 10 Estadísticas de evaluación por parte de los pacientes.



Resultados por parte de los fisioterapeutas.

En la Figura 11 se presenta el gráfico de la evaluación realizada por los 4 fisioterapeutas participantes en el experimento, respecto al factor de utilidad se obtuvo un promedio de 4.75, para el factor de facilidad de uso se obtuvo un promedio de 4.5 y para el factor de intención de uso se obtuvo un promedio de 4.75, los cuales hacen referencia a que se encuentran en el rango de 4 (de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo), por lo cual podría decirse que de manera general los fisioterapeutas consideran útil, fácil de usar y tienen la intención de usar el sistema de realidad virtual como herramienta de apoyo para rehabilitación de extremidades superiores.

Figura 11 Estadísticas de evaluación por parte de los maestros respecto al sitio web.



CONCLUSIONES

Se desarrolló y evaluó un sistema de realidad virtual como herramienta de apoyo para rehabilitación de extremidades superiores. De acuerdo a la evaluación en cuanto a los factores de utilidad, facilidad de uso e intención de uso, los resultados fueron alentadores por lo que podría decirse que el sistema de realidad virtual puede contribuir como herramienta de apoyo para rehabilitación de extremidades superiores. Es importante resaltar que el proyecto aún tiene mucho por hacer, se requiere una evaluación a largo plazo para fortalecer los resultados.

LISTA DE REFERENCIAS

Aguirre-Carvajal, Macarena., Marchant-Pérez, P. (2015). Descripción del efecto de los ejercicios de la extremidad superior ipsilateral realizados con realidad virtual en mujeres sometidas a mastectomía, *Gaceta Mexicana de Oncología*, Volume 14, Issue 4, 2015, Pages 204-209, ISSN 1665-9201, <https://doi.org/10.1016/j.gamo.2015.10.002>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1665920115000723>)

De los Reyes-Guzmán, A., Fernández-García, L., Alvarez-Rodríguez, M., Lozano-Berrio, V., Domingo-García, A.M., Ceruelo-Abajo, S. (2021). Realidad virtual de bajo coste. Una nueva aplicación para rehabilitación motora de los miembros superiores en patología neurológica: Estudio piloto, *Rehabilitación*, 2021,

ISSN 0048-7120, <https://doi.org/10.1016/j.rh.2021.07.001>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048712021000736>)

INEGI. (2019). Estadísticas a propósito del día internacional de las personas con discapacidad (3 de diciembre), datos nacionales. Comunicado de Prensa Núm. 638/19, INEGI. Sitio Web: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2019/discapacidad2019_nal.pdf

INEGI. (2020). Discapacidad. Discapacidad en Médico, INEGI. Sitio Web: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20Censo,mujeres%20y%2047%20%25%20son%20hombres>

Kruchten P (2004) *The Rational Unified Process: An Introduction*, Addison-Wesley, Upper Saddle River, NJ.

Martínez-Costa, M.C. Montero., Sánchez Cabeza, A. (2021). Efectividad de la terapia de movimiento inducido por restricción del lado sano en la rehabilitación del miembro superior en pacientes con parálisis cerebral: revisión sistemática, *Rehabilitación*, Volume 55, Issue 3, 2021, Pag 199-217, ISSN 0048-7120, <https://doi.org/10.1016/j.rh.2020.08.002>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048712020301092>)

Martínez-Pino, M. (2018). Realidad virtual en la rehabilitación motora de la mano en pacientes postictus, *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación*, Volume 10, Issue 2, 2018, ISSN 2078-7162, <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedfisreah/cfr-2018/cfr182g.pdf>

Montalbán, Marta A., Arrogante, O. (2013). Rehabilitación mediante terapia de realidad virtual tras un accidente cerebrovascular: una revisión bibliográfica, *Revista Científica de la Sociedad Española de Enfermería Neurológica*, Volume 52, 2020, Pages 19-27, ISSN 2013-5246, <https://doi.org/10.1016/j.sedene.2020.01.002>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2013524620300040>)

Muri, Fabricio., Carbajal, C., Pérez, E., Fernández, H., Echenique, A., López, A. (Julio-Diciembre de 2013). Diseño de un sistema de rehabilitación para miembro superior en entorno de realidad virtual. Julio-Diciembre de 2013, de *Revista*

Ingeniería Biomédica Sitio web:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5785553>

OMS1. (2021). Rehabilitación. Noviembre 10, 2022, de Organización Mundial de la Salud

Sitio web: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/rehabilitation>

OMS2. (2021). Rehabilitación. Noviembre 21, 2022, de Organización Mundial de la Salud Sitio web: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

Pressman, R. S. (2010). Ingeniería del Software: un enfoque practico (7a. ed.). Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

Rosero-Herrera, J.D., Acuña-Bravo, W., Londoño-Prieto, J. (2021). Propuesta de un

sistema con realidad virtual y electroestimulación para tratar el movimiento de dorsiflexión del tobillo: a propósito de un caso, *Fisioterapia*, 2021, ISSN 0211-5638, <https://doi.org/10.1016/j.ft.2021.09.002>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0211563821001152>)

Viziano A, Micarelli A, Augimeri I, Micarelli D, Alessandrini M (2018). Efectos a largo

plazo de la rehabilitación vestibular y el procedimiento de tarea de juego montado en la cabeza en la hipofunción vestibular unilateral: un seguimiento de 12 meses de un ensayo controlado aleatorio. *Clin Rehabil.* 2019;33(1):24-33.

Zavala, J., Martínez, D., Gutiérrez, H. (2019). Efectos de la realidad virtual adicionada a

un entrenamiento fisioterapéutico en pacientes con artroplastia total de rodilla, *Fisioterapia*, Volume 41, Issue 6, 2019, Pages 322-328, ISSN 0211-5638, <https://doi.org/10.1016/j.ft.2019.07.003>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0211563819300951>)