

Ambientes virtuales para rehabilitación física y cognitiva

Alcides Alvear Suárez¹, Graciela E. Quintero Ramírez²

¹Universidad del Turabo, Gurabo, Puerto Rico, aalvear@suagm.edu

²Universidad del Turabo, Gurabo, Puerto Rico, gquintero2@suagm.edu

RESUMEN

La realidad virtual (RV) utiliza tecnologías avanzadas de interface, en donde el usuario no permanece frente al monitor, sino inmerso en un mundo tridimensional artificial generado por la computadora. Con la RV, el usuario percibe, por medio de uno o más sentidos, datos provenientes de la máquina, generados por dispositivos especiales a través de una simulación interactiva. La RV pretende una interacción sin límites con el mundo virtual, a través de los sentidos que se manejan en el mundo real. El objetivo fundamental de este trabajo es mostrar el estado del arte o la revisión bibliográfica sobre los ambientes virtuales para rehabilitación física y cognitiva como una técnica que se ha estado implementando en terapias para la rehabilitación de personas con algún tipo de discapacidad funcional.

Palabras claves: Realidad Virtual, Rehabilitación, Cognitiva

ABSTRACT

The Virtual Reality (VR) uses advanced interface where the user does not stay in front of the monitor, but immersed in a three-dimensional computer-generated artificial. With the VR, the user perceives, through one or more respects, data from the machine-generated special devices through an interactive simulation. VR aims unlimited interaction with the virtual world through the senses that are handled in the real world. The objective of this paper is to show the state-of-art or literature review on virtual environments to physical and cognitive rehabilitation as a technique that has been implemented in rehabilitation therapies for people with functional disabilities.

Keywords: Virtual Reality, Rehabilitation, Cognitive

1. INTRODUCCIÓN

Existen tres ideas fundamentales referentes a la RV: inmersión, interacción e involucramiento. La interacción permite que el usuario interactúe con el ambiente, controlando el ritmo de trabajo. El involucramiento se obtiene a través del estímulo de los sentidos humanos (tacto, visión y audición); y, la sensación de inmersión es alcanzada a través del empleo de una tecnología específica y de dispositivos como cascos de visualización o de rastreo, guantes electrónicos y palancas de mando que permiten al usuario navegar a través del ambiente virtual e interactuar con objetos virtuales. Aunque pareciera que la RV es un campo del conocimiento reciente su historia se remonta a los años 50, de forma paralela a la invención de las primeras computadoras, y ante la necesidad de establecer una relación más estrecha entre las máquinas y los operarios. Con este criterio el ingeniero eléctrico Douglas Engelbart, no solo inventa el primer mouse sino que concibe la idea de ver los computadores como herramientas para mostrar entornos digitales, de forma similar a como funcionan los radares, en donde la información digital se puede ver a través de una pantalla. La historia del uso de la RV como mecanismo terapéutico es más reciente, y solo 15 años atrás la neuropsicología contempló la posibilidad de aplicar entornos virtuales en personas con diversas disfunciones del sistema nervioso central (parálisis cerebral, daño cerebral por traumatismo y trastorno de déficit atencional, entre otras), pretendiendo estudiar principalmente las funciones atencionales, mnésicas, ejecutivas y/o viso-espaciales de dichos individuos. Estas investigaciones, ayudaron a evaluar la precisión alcanzada por estas personas en la manipulación de los estímulos, la relevancia y validez de las tareas cognitivas presentadas (Rizzo, 2002). Uno de los campos de aplicación de la realidad virtual (RV) consiste en proponer alternativas de solución a problemas de diversidad funcional. Esta tecnología emerge como una terapia adicional que promete ayudar a las personas a superar traumas físicos o cognitivos sin enfrentar la frustración que les produce el contacto

directo con la realidad. Desde esta perspectiva, la RV promete simular situaciones y espacios donde las personas pueden evaluar sus competencias y repetirlas un sin número de veces hasta lograr la perfección (Bayon y Martínez 2008). El objetivo de este trabajo es realizar una revisión de literatura que permita conocer el estado del arte relacionado con la aplicación de entornos virtuales en procesos de rehabilitación física y cognoscitiva.

2. ¿QUÉ ES REAL DENTRO DE UN MUNDO CADA VEZ MÁS VIRTUALIZADO?

Existe una marcada diferencia generacional entre las personas nacidas en la década de los setenta y las que nacieron en o después de los ochenta. La diferencia entre la comercialmente llamada generación X y generación Y radica en la capacidad de manipular a su provecho la tecnología. La percepción de un mundo completamente tecnológico impregnado por la Internet, la telefonía móvil, los reproductores de CD, de MP3, de MP4, los juegos interactivos de PlayStation y Xbox, influye sin duda en la percepción que se tiene del mundo. Aunado por la producción de películas cada vez más sofisticadas que hacen que un espectador poco ilustrado se sienta confundido entre la realidad y la virtualidad.

¿Qué tan cerca o tan lejos estamos del avatar tecnológico? ¿Qué de real tiene la virtualidad que se conoce hoy en día? Estos son sólo algunos de los interrogantes que se pueden formular. Lo cierto es que las aplicaciones de la RV son múltiples. En sus inicios la realidad virtual fue usada para aplicaciones militares y como entretenimiento; sin embargo, en los últimos años se han diversificado las áreas en que se utiliza. Dentro del área de la física existen proyectos con distintos enfoques, en donde la RV tiene como fin la visualización de fluidos y partículas que serían imposibles percibir de otra forma. En Ingeniería, hay proyectos de manipulación remota con robots exploratorios, médicos o industriales. En efecto la medicina es uno de los campos más importantes para las aplicaciones de realidad virtual. Gracias a esta tecnología los médicos pueden ser entrenados en técnicas de cirugía, imagenología médica y neurología. Más recientemente la RV ha incursionado en el campo la neuropsicología, especialmente para el tratamiento de fobias. Cada año millones de personas acuden a psicólogos para el tratamiento de fobias que van desde miedo a las alturas, a volar, a las arañas, claustrofobia, miedo a manejar, etc. La incorporación de la RV a los tratamientos ya establecidos beneficia y agiliza en gran parte el proceso de superación, puesto que el tener modelos virtuales (como por ejemplo modelos de elevadores, simulación de vuelos, entre otros) aumenta la confianza y seguridad del paciente.

3. REALIDAD VIRTUAL Y REHABILITACIÓN

En los últimos años y tras de procesos de alfabetización intensa y permanente se ha empezado a entender la discapacidad como una circunstancia aleatoria de la vida que no respeta sexo, posición económica o social y que en cualquier momento se está en posibilidad de padecer. Según la O.M.S., el 15 % de la población mundial está afectada por alguna discapacidad física, psíquica o sensorial que dificulta su desarrollo personal y su integración social, educativa o laboral. Tal porcentaje equivale a 900 millones de personas con alguna desventaja notoria en comparación con las demás. Existe por lo tanto, una creciente preocupación mundial por eliminar, hasta donde sea posible dichas desventajas por medio de acciones específicas como el recuperar la o las funciones faltantes y, cuando no sea posible la completa recuperación, compensarla con la rehabilitación, la cual consiste tanto en desarrollar las habilidades y destrezas necesarias como, en dotar a las personas de elementos compensatorios. Es acá donde la RV puede ser una alternativa que facilita el proceso y permite el logro de metas más altas en tiempos menores. La rehabilitación con RV se basa en fundamentos científicos relacionados con el aprendizaje motor. Cualquier capacidad humana se caracteriza, entre otras cosas, por poder ser mejorada a través de la experiencia y la práctica. La estimulación se define como el conjunto de técnicas y estrategias que pretenden optimizar la eficacia del funcionamiento de las distintas capacidades y funciones físicas y cognitivas (percepción, atención, razonamiento, abstracción, memoria, lenguaje, procesos de orientación y praxis) mediante una serie de situaciones y actividades concretas donde la RV puede jugar un papel importante. Es bien sabido que la mayoría de los primates aprenden por imitación y repetición. En esta etapa, el aprendizaje - error es la base fundamental para adquirir o practicar una destreza. Otro elemento clave es la retroalimentación: que implica que la práctica repetida debe producir una ganancia o éxito en la ejecución de la tarea. En forma general, el Sistema Nervioso Central, a través de los sentidos, informa sobre el

éxito y el rendimiento alcanzado al ejecutar una acción. Adicionalmente, para alcanzar mejores resultados es imprescindible contar con la motivación del paciente, pues no se trata solo de repetir un determinado movimiento, para lograr un aprendizaje perdurable, éste debe convertirse en una tarea motivadora. La RV proporciona una poderosa herramienta que ofrece a los participantes estos elementos: repetición, retroalimentación sobre el desempeño y motivación para soportar la práctica. Los terapeutas que utilizan la RV argumentan que esta es una práctica más eficiente en comparación con las terapias tradicionales sin embargo ¿Qué tipo de evidencia existe sobre el aprendizaje motor humano en participantes entrenados en entornos virtuales? ¿Se han realizado estudios comparando la ganancia en procesos de rehabilitación real vs. la realizada en entornos virtuales? Sobre el primer punto, existe una buena cantidad de evidencia de que los humanos pueden aprender las habilidades motoras en ambientes virtuales y luego pueden hacer la transferencia a un entorno real (Crosbie et al., 2007; Green 2011; Laver et al. 2011). Sobre el segundo tópico, existen pocos estudios y muchos cuestionamientos adicionales ¿Por qué molestarse con equipos costosos y sofisticados, ¿Por qué no solo hacer una práctica real y ya? ¿No será que el trabajo real es mejor y cuestan menos? Los defensores de la RV creen que los resultados de la práctica virtual están asegurados porque las tareas: se hacen más fáciles, menos peligrosas, más personalizadas y más divertidas. Hasta la fecha, solo cinco estudios han examinado este asunto en una manera controlada. Estos proporcionan alguna evidencia experimental que establece que el aprendizaje motor en un entorno virtual puede ser superior. Todorov et al. 1997 determinaron que personas con discapacidad tienen un mejor proceso de recuperación cuando se entrenan con simuladores virtuales, destacan sobre todo el uso de simuladores de tenis de mesa como alternativa para recuperar movimiento en de las extremidades superiores. Rose et al. 2000 encontraron que personas entrenadas virtualmente podían mover un anillo de metal sobre un alambre curvo y cometían menos errores en la ejecución de la tarea que las del grupo control. Brooks et al. 1999 descubrieron que un paciente amnésico era capaz de aprender dos rutas para llegar a la unidad de rehabilitación de un hospital, después del entrenamiento con simulación virtual. Webster et al. 2001 evaluaron la efectividad del uso de una silla de ruedas en pacientes con ictus que recibieron entrenamiento en RV, los resultados mostraron que los pacientes que habían recibido el entrenamiento fallaban menos que los que habían realizado el proceso de manera real. Jaffe, et al. 2004 compararon la habilidad para evitar los obstáculos durante la marcha de personas hemipléjicas que recibieron entrenamiento con RV vs. personas que recibieron tratamientos convencionales. Los investigadores informaron que, aunque ambos grupos mejoraron en la mayoría de los ejercicios, los participantes con RV mostraron mejores resultados ($p < 0,001$).

3.1 Realidad virtual y rehabilitación física

La RV ha tenido un buen desarrollo en el campo de la neurociencia en lo que respecta a los procesos de rehabilitación física. En efecto esta novedosa terapia ha sido utilizada para optimizar procesos de aprendizaje o reaprendizaje de patrones de movimiento en personas con ictus cerebral, deformación perceptiva-motora, lesión cerebral adquirida, enfermedad de Parkinson, rehabilitación ortopédica, entrenamiento del equilibrio, movilidad en silla de ruedas, actividades funcionales de capacitación para la vida diaria y tele-rehabilitación. En los últimos años, un grupo numeroso de investigadores han desarrollado sistemas de RV que permitan el movimiento de las extremidades superiores en pacientes con ictus o derrame cerebral. Los procesos se centran en el concepto de "Aprendizaje por imitación" en donde con la ayuda de un profesor virtual, los sistemas le permiten al usuario volver a entrenar una amplia variedad de movimientos del brazo, incluyendo hombro, codo, muñeca y mano (Holden 2005). Otro aporte importante de la RV se ha dado para el manejo preliminar de prótesis que reemplazan extremidades superiores o inferiores. El sistema de brazo DEKA permite a los usuarios realizar y controlar diferentes movimientos, facilita el aprendizaje motor mediante el uso de un entorno virtual. El programa permite a los usuarios practicar el control de un avatar diseñado para operar el brazo de Deka en el mundo real. La experiencia con estos modelos permite probar la eficacia de la RV en personas que han padecido de amputaciones y que necesitan un ambiente de aprendizaje estructurado. El sistema de brazo DEKA utiliza una serie de "correas" para controlar los movimientos del usuario. Las opciones de control incluyen controles de pie sensibles a la fuerza de resistencia, controles de pie con las unidades de movimiento inercial, bolsas de aire, interruptores y sitios de control mio-eléctrico (Resnik et al. 2011). La mayoría de estos controles requieren que el amputado emplee un conjunto de movimientos y active músculos que, en muchos casos, difieren de los utilizados para obtener la acción deseada.

Aprendizaje motor se produce en tres etapas: inicial, intermedia y avanzada. Durante la fase inicial o cognitiva, los sujetos se dedican a la adquisición de información básica acerca de la habilidad motora, la adquisición de los conocimientos y de los requisitos de la tarea. Durante la fase intermedia o asociativa, los participantes perfeccionan la tarea propuesta en la fase cognitiva. Durante la etapa final o autónoma, los alumnos adquieren la competencia deseada y se preocupan por adquirir velocidad, precisión y rendimiento en los movimientos (Resnik et al. 2011). La RV también ha tenido éxito en terapias para facultar el movimiento de extremidades inferiores. Boian et al. 2003, diseñaron un sistema que ayudaba al entrenamiento para de la marcha y reducía la disfunción de movilidad. Los autores aseguran que diversas poblaciones de pacientes presentan problemas de movilidad que se puede mejorar con entrenamiento de la marcha, ejemplo de ello son las personas que sufren accidentes cerebro vasculares, los que tienen lesión de la médula espinal o los que han padecido un derrame cerebral. El entrenamiento de la marcha utiliza varios dispositivos para ayudar al movimiento del paciente y mantener el equilibrio: bastones, muletas y andadores son dispositivos que facilitan la movilidad funcional. Sin embargo, la integración de estos sistemas con sistemas robóticos y entornos virtuales puede ampliar la gama de aplicaciones para el entretenimiento de los pacientes con este tipo de dificultad. Otro dispositivo de última tecnología es la caminadora virtual, esta se postula como uno de los dispositivos más eficientes para la rehabilitación de pacientes con padecimientos físicos. La caminadora posee una pantalla curva de 270° que cubre el perímetro del aparato y da la sensación de movimiento, mediante un programa de interactividad, convirtiendo un breve trote del paciente en una posibilidad de recuperación (). Uno de los principales síntomas de la enfermedad de Parkinson es la acinesia, o dificultad en el inicio y la continuación de los movimientos. Estos síntomas tienden a empeorar a medida que la enfermedad progresa. Aunque los síntomas pueden ser mitigados por las drogas como la L-dopa, con el tiempo las drogas pueden ser menos eficaces y pueden producir efectos secundarios no deseados. Por lo tanto, un método alternativo para tratar la enfermedad es el uso de RV, a través de ella el paciente puede retrasar o reducir el consumo de drogas mientras mantiene un mejor funcionamiento de sus músculos motores.

Weghorst y sus colegas han realizado una serie de estudios para determinar si la tecnología de RV podría ser una manera de tratar con la enfermedad. El método se basa en un fenómeno interesante asociados a los pacientes llamado "Kinesia paradójica", en la cual los pacientes aunque tienen dificultad para caminar, paradójicamente, son capaces de pasar por encima de objetos colocados en su camino con poca dificultad. Los investigadores han creado programas de RV donde se superponen objetos en el mundo real para ejercitar a los pacientes en el manejo de la dominancia ocular, campo visual, la ubicación dentro del campo visual y el realismo de la imagen. Un estudio similar se desarrolló en la Universidad de Sídney en donde se logró que los pacientes con enfermedad de Parkinson incapaces de mover sus pies cuando se acercan a puertas; utilizando RV, pedales y un escáner de resonancia magnética, podían transitar por una serie de pasillos y puertas utilizando RV.

3.2 Realidad virtual y rehabilitación cognitiva

Una de las aplicaciones más recientes de la RV han sido los ambientes simulados para el tratamiento y/o evaluación de personas con discapacidad intelectual. Lo anterior surge como respuesta a la redefinición de discapacidad, ya no sólo como la presencia de limitaciones en el funcionamiento intelectual de un individuo, sino también por las relacionadas con las deficiencias en el comportamiento adaptativo, es decir, en el conjunto de habilidades conceptuales, sociales y prácticas aprendidas por el sujeto para funcionar en su vida diaria (Abellán e Hidalgo 2011). Los inconvenientes para abordar un proceso terapéutico en personas con discapacidades de este tipo son numerosos. Por ejemplo, es difícil obtener mediciones directas sobre el desempeño de una persona discapacitada cognitivamente y en adición existen un sinnúmero de potenciales peligros al tratar de entrenar la persona para que alcance éxito en ambientes naturales. Por ello, la RV comenzó a ser visualizada como una alternativa que podría disminuir los inconvenientes de los métodos tradicionales y constituirse, por tanto, en una vía de intervención apropiada para dichos individuos (Resnik et al. 2011). De este modo, comenzó a existir un mayor interés por diseñar ambientes virtuales para el entrenamiento y evaluación de destrezas cotidianas en personas con discapacidad intelectual, el cual se tradujo en un aumento de investigaciones en el tema. Si bien escasas aún, estas investigaciones han reportado resultados interesantes que hacen necesario un análisis respecto a cuáles son los aportes que la RV podría hacer en esta área, y bajo qué condiciones dichas aplicaciones serían efectivas. Lo anterior, contribuiría al

desarrollo del campo y avalaría su utilización en este tipo de población, la cual por sus características de vulnerabilidad, debe ser protegida de potenciales daños derivados de tratamientos novedosos (Iacono, 2006). La forma más común de aplicación de la RV desde el punto de vista de la neuropsicología ha sido en el ámbito del comportamiento adaptativo, y más escasamente, se ha investigado su utilidad para intervenir y/o evaluar funciones específicas. En este sentido, los ambientes virtuales han sido empleados como métodos de entrenamiento de habilidades para la vida independiente y como formas de evaluación de la adquisición de tales habilidades. Los estudios en este ámbito han demostrado que el aprendizaje adquirido por esta vía, puede ser transferido a las situaciones de la vida real en donde se requiere de tales capacidades (Standen, Brown & Cromby, 2001). Un ejemplo de esto lo constituyen las investigaciones que utilizan el supermercado virtual para entrenar la habilidad de realizar compras, elegir artículos y ejecutar transacciones monetarias simples (Brown, Stewart & Wilson, 1995; Cromby, Standen, Newman & Tasker, 1996; Standen & Cromby, 1995). En este sentido, Cromby et al. (1996), en un estudio controlado y de asignación aleatoria con 19 estudiantes con discapacidad intelectual severa, examinó si la práctica de comprar en un supermercado virtual podría tener efectos beneficiosos sobre la compra en un supermercado real. Los autores concluyeron que pese a que inicialmente no habían diferencias entre el grupo control y experimental, los estudiantes que fueron entrenados en el supermercado virtual fueron significativamente más rápidos y precisos en elegir los ítems solicitados que el grupo control. Lo anterior fue explicado por los autores debido a la similitud del ambiente virtual con un supermercado real (pasillos, estantes), pero también a la simplicidad del diseño que le otorga cierto grado de flexibilidad al aprendizaje y, por ende, la expectativa en el sujeto de que puede encontrarse con tal variabilidad en las experiencias sucesivas. Otras investigaciones sobre el uso de ambientes virtuales en el entrenamiento de habilidades para la vida cotidiana han incluido la preparación de comida en una cocina virtual, cuyos resultados indican que este tipo de entrenamiento es igual de efectivo que el realizado en una cocina real y más efectivo que la instrucción con libro de trabajo y la ausencia de tratamiento. Se ha demostrado además que esto puede ser generalizado posteriormente en entornos reales, con la ventaja de no someter a los participantes a situaciones riesgosas durante la adquisición de la habilidad (Brooks, Rose, Attree, & Elliot-Square, 2002).

Asimismo, evaluaciones realizadas al programa "ciudad virtual", que corresponde a un ambiente simulado que reproduce el sistema de transporte, un café y un supermercado, entre otros entornos (Brown, Kerr & Bayon, 1998), han demostrado que dichos ambientes presentan tareas representativas de la vida real y los usuarios con discapacidad intelectual son capaces de aprender algunas habilidades básicas, al menos en el corto tiempo que dura el entrenamiento. Por ejemplo, tras haber practicado en el ambiente virtual la manera correcta de colocar las monedas en el dispositivo del bus para pagar el pasaje, se repite esta destreza durante las siguientes sesiones en un bus real (Cobb, Neale & Reynolds, 1998). Finalmente, también se ha explorado la utilidad de los ambientes virtuales para el entrenamiento de habilidades cognitivas superiores como la toma de decisiones. Esta posibilidad ha sido escasamente investigada, pero es posible citar un estudio realizado por Standen e Ip (2002) en el cual se pretendió establecer mediante una comparación pre y post tratamiento, si la actividad en un ambiente virtual que involucrara tomar decisiones o seleccionar opciones, podría mejorar la habilidad de personas con discapacidad intelectual para decidir en otros contextos. La primera tarea de este experimento consistió en presentar a los participantes 10 cartas con un objeto familiar impreso en uno de sus lados, las cuales fueron puestas boca abajo antes de solicitar que cada individuo tomara una, escogida por el investigador. El tiempo de reacción fue medido para cada uno de los 10 intentos. La segunda tarea consistió en solicitar al participante que escogiera libremente 2 ítems de una lista de compra de 10 elementos, mostrados en un monitor y nuevamente fue registrado el tiempo de reacción. Finalmente, se les dijo a los participantes que uno de los ítems ya no estaba disponible y que tenían que escoger otro (elección forzada). Luego de completar las mediciones de la línea base para la toma de decisiones, el grupo experimental pasó seis sesiones trabajando en algunas de las secciones de la "ciudad virtual" (Brown et al., 1998) antes de repetir nuevamente la evaluación de toma de decisiones. Luego de la intervención, hubo una reducción significativa en el tiempo promedio para tomar una decisión en el juego de carta y en la lista de compra respecto a la línea base. También hubo una mejora en el tiempo para escoger forzosamente alternativas en la lista de compra, aunque ésta no fue estadísticamente significativa. El grupo control en cambio no mostró mejora en ninguna de las tres mediciones.

Los casos anteriores permiten formarse una idea respecto a los tipos de ambientes simulados que han sido creados hasta el momento para personas con discapacidad intelectual, así como los propósitos que han perseguido tales aplicaciones. Otros estudios en los que se ha utilizado la RV como terapia son los realizados por Price et al. 2008. Estos investigadores concluyeron que la RV puede ser una excelente herramienta para tratamiento de las fobias y por tanto resulta siendo un medio para llevar a cabo terapia de exposición. Por ejemplo: personas que padecen de fobia a volar, pueden aprender a controlar el miedo y disminuir la ansiedad con el uso de sistemas basados en RV. La exposición consiste en presentar el estímulo en repetidas ocasiones, de tal manera que los pacientes se habitúan al mismo y reducen significativamente la ansiedad. En la terapia de exposición, el estímulo puede ser presentado de diversas formas, la más común es la real, llamada la exposición en vivo, pero en los últimos años se ha recurrido a la utilización de estímulos virtuales. Otro ámbito en el que ha tenido éxito la realidad virtual es en el desarrollo de simuladores de conducción (DS). Estos sistemas proporcionan una herramienta muy útil para estudiar las reacciones de los conductores sin necesidad de utilizar un coche de verdad en una situación potencialmente peligrosa. Otra aplicación útil de estos sistemas es en terapias postraumáticas, que aparecen típicamente después de un accidente de tránsito. Los entornos virtuales reproducen los ambientes típicos de estrés que el conductor debe aprender a sortear (tráfico, condiciones de clima, obstáculos comunes) pero sin el riesgo de la conducción real. Actualmente, en la UPM se está desarrollando un modelo DS a partir de un sistema que es capaz de simular la visión estereoscópica de los ojos humanos, proporcionando una sensación intensa de inmersión en un ambiente 3D. Otra aplicación novedosa de la RV consiste en el diseño de Software para el tratamiento de fobias a las tormentas. Botella et al. 2006 diseñaron una aplicación llamada el “mundo de EMMA”, constituido por módulos educacionales y de exposición en dos fases: exposición a sonidos y luego a simulaciones de RV de tormenta (rayos, luces, lluvia, truenos). Los autores determinaron que las personas tratadas que recibían tratamiento con EMMA podían enfrentar con menos temor las situaciones de estrés que les producía el mal tiempo. Powers y Emmelkamp 2007, referencian 13 estudios controlados, en donde se encontró diferencias significativas entre el grupo experimental constituido por personas con desordenes de ansiedad que recibieron terapia con RV y el grupo control conformado por personas que habían recibido terapia convencional. De otra parte, Emmelkamp et al. 2001, desarrollaron de un sistema que usa RV para evitar fobias al uso de ascensores y mejorar el miedo a las alturas. Los investigadores encontraron que para este tipo de fobias, el diseño de sistemas en los cuales el paciente puede tener control de la situación, no solo le permite adquirir mayor confianza sino que lo habilita para tomar control de su propio proceso terapéutico. La RV también ha sido usada para el tratamiento de la agorafobia, este es un trastorno de ansiedad que consiste en el miedo a los lugares donde no se puede recibir ayuda, por temor a sufrir una crisis de pánico. Moore et al. 2002 crearon el proyecto VEPSY, donde se representaban sensaciones físicas de ataque de pánico (dificultad de respiración, visión borrosa) usando sonidos y efectos similares a los que se experimentan en vivo. Si bien no existieron diferencias significativas entre el grupo experimental y el control, el manejo paulatino del programa permitió que a largo plazo los pacientes desarrollaran una sensación de más comodidad cuando se les enfrentaba a situaciones estresantes. La Anorexia, la Bulimia y la obesidad se consideran trastornos de la conducta alimentaria que pueden ser tratados mediante el uso de la RV. Estas conductas afectan la percepción de la imagen corporal del individuo. El diseño del software de RV en este tópico ha prestado especial atención a los elementos que facilitan que el paciente "sienta" que la RV es real y que pueda tratar de corregir algo tan subjetivo como es lo relacionado con su imagen corporal. Los investigadores han por tanto, tratado de diseñar escenarios como la cocina, en este espacio los elementos esenciales son una báscula y un área de comida donde hay alimentos más o menos "prohibidos" que la persona puede “comer” virtualmente. El objetivo es evaluar y modificar la sobrestimación que tienen estas personas sobre su peso. Un segundo escenario es la sala de exposiciones, donde se exhiben fotos con diferentes constituciones corporales. Aquí el propósito es evaluar y modificar la rigidez en el concepto del peso. Finalmente, el ultimo escenario son dos espejos, en ellos el paciente tiene que modelar en una imagen 3D su imagen corporal, es decir tal y como se ve. Mientras hace este ejercicio el otro espejo muestra la figura real, con lo cual el paciente puede evaluar su grado de distorsión y posteriormente tratar de corregir (Behar et al. 2011). La forma de adaptar el entorno no es otra que dotarle de claves concretas, fácilmente perceptibles, simples (de pocos elementos), permanentes y constantes. Las claves a utilizar pueden ser visuales, auditivas, u objetos reales o en miniatura, o combinaciones de éstas. Cada persona utiliza las que le son necesarias, en

función de sus capacidades (Jung et al. 2006). El dolor excesivo durante procedimientos médicos puede ser controlado a través de sistemas de RV. El manejo del dolor es especialmente complicado cuando se trabaja con pacientes en edad infantil. Los resultados indican que los niños que utiliza RV durante procedimientos médicos dolorosos presentan grandes reducciones en el dolor subjetivo (Hunter et al. 2006). El manejo de trastornos por conductas adictivas químicas: nicotina, heroína o la adicción al juego: ludopatía son actualmente tratadas mediante RV. Para muchos autores, la ansiedad es la causa de la mayoría de las recaídas. Aquí los juegos interactivos o aplicaciones para dispositivos táctiles usados por la gente joven pueden convertirse hoy en día en una alternativa para los pacientes con la enfermedad. Estas aplicaciones están pensadas, tanto para detectar la enfermedad y ayudar en su diagnóstico, como para mejorar la calidad de vida y la autonomía de los afectados por la enfermedad (Cushman et al. 2008). Para concluir se puede determinar que la RV puede contribuir a la neuropsicología, tanto en el ámbito de la evaluación como en el de la intervención. En cuanto a la evaluación, la RV puede ayudar a incrementar la confiabilidad de las mediciones, a través de la reducción del error aleatorio logrado con el mayor control ejercido sobre el ambiente experimental, y la alta estandarización en la administración de los estímulos e interpretación de los puntajes (Rizzo, Buckwalter & van der Zaag, 2002; Schultheis et al., 2002). Asimismo, los ambientes virtuales posibilitan realizar evaluaciones más fiables del comportamiento adaptativo de individuos que evidencian deficiencias en estas habilidades, al disminuir la necesidad de acudir a la opinión de cuidadores o familiares, mediante tareas que permiten una evaluación más directa y sistemática de él. Dicho aspecto es relevante puesto que, según Raynes (1987), la mayoría de los instrumentos de evaluación existentes tienen serios inconvenientes para estimar su confiabilidad y validez.

Desde otra perspectiva, Rizzo y Buckwalter (1997) señalan que la RV permite cuantificar al mismo tiempo (y en forma paralela), varios aspectos de las respuestas del examinado, tales como estrategias de resolución de problemas, latencia de respuestas, preferencias de campo visual, entre otras. Esto es una gran ventaja puesto que, mientras las mediciones tradicionales otorgan información parcelada respecto a los componentes de funciones cognitivas y predicen potencialmente cómo ciertos déficits podrían trasladarse al mundo real, la RV permite examinar estas relaciones directamente, posibilitando la evaluación de comportamientos cognitivos complejos (Schultheis et al., 2002). Lo anterior posibilita una estimación más individualizada de la magnitud de los apoyos requeridos por el sujeto para lograr un mejor funcionamiento en actividades cotidianas, pudiendo entonces diseñarse un plan de tratamiento más específico y acorde a sus necesidades (Rizzo et al., 2002; Schultheis et al., 2002). Finalmente, esta posibilidad de manipular el entorno permite además crear escenarios que no necesariamente sean idénticos a la vida real, sino que los estímulos presentados puedan ser utilizados para evaluar qué grado de información aumentada es necesario presentar, con el fin de saber cuáles estrategias compensatorias son las que mejoren el funcionamiento diario (Rizzo et al., 2002). Las aplicaciones neuropsicológicas de la RV pueden ser particularmente beneficiosas para las personas con discapacidad por las siguientes razones: La primera de ellas, es que ofrece a estos individuos la oportunidad de aprender de los errores sin sufrir las consecuencias reales de ellos, aspecto que contribuiría al desarrollo de habilidades debido a que podría ayudar a realizar actividades de manera independiente sin el temor de sufrir accidentes o humillaciones (Cromby et al., 1996; Standen & Cromby, 1995), o el miedo de irritar y cansar a otros debido a las equivocaciones cometidas (Salem-Darrow, 1995). Un segundo beneficio lo constituye la posibilidad que brinda esta tecnología para convenir las reglas y conceptos abstractos sin la utilización del lenguaje u otro sistema de símbolos, dado que las cualidades de los objetos pueden ser descubiertas por la interacción directa con ellos (Cromby et al., 1996). Un tercer beneficio lo constituye el hecho de que la RV le permite a las personas con discapacidad experimentar la sensación de control sobre sus procesos de aprendizaje, lo que resulta especialmente relevante dada la tendencia al comportamiento pasivo de estos individuos (Brown et al., 1995; Pantelidis, 1993). Finalmente, uno de los beneficios más relevantes es que la RV puede ser disfrutada por las personas con discapacidad, las cuales han demostrado gran entusiasmo y motivación durante la experiencia con esta tecnología, dando luces respecto a su importancia en la autoestima y sentido de competencia (Weiss, Pninalik & Kizony, 2003). Este último punto es de suma relevancia, puesto que el poder motivador de esta tecnología para dichos individuos podría ser aprovechado para mantener el interés en las tareas presentadas, y por tanto, lograr en mayor medida los objetivos de evaluación y/o intervención propuestos.

REFERENCIAS

- Abellán García, A. and R. M. Hidalgo Checa (2011). Definiciones de discapacidad en España, Portal Mayores. Recopilación de definiciones de discapacidad utilizadas en programas nacionales de concesión de beneficios sanitarios, económicos y sociales, y aparecidas en normas jurídicas (leyes, reales decretos y órdenes).
- Anderton, N, Standen, P. J. & Avory, K. (2004). Using switch controlled software with people with profound disabilities. En P.M. Sharkey, R. McCrindle & D. Brown (Eds.), Proceedings of the fifth international conference on disability, virtual reality and associated technologies (pp. 269-274). Oxford: New College
- American Association of Mental Retardation [AAMR]. (2002). Definition of Mental Retardation. Extraído el 1 de Junio, 2007: http://www.aaid.org/Policias/faq_mental_retardation.shtml
- Bayon M, Martínez J. (2008). Plasticidad cerebral inducida por algunas terapias aplicadas en el paciente con ictus. *Rehabilitación* 42:86-91.
- Behar R., Vargas C., Cabrera E. (2011). Body dissatisfaction in eating disorders: a comparative study. *Revista Chilena Neuro-Psiquiatria*. 49(1): 26-36.
- Boian, R.F., Deutsch, J.E., Lee, C.S., et al. (2003). Haptic effects for virtual reality-based post-stroke rehabilitation. Presented at the 11th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environments and Teleoperator Systems, Los Angeles.
- Botella C., Baños R., Guerrero B., García P, Quero S., Alcañiz M. (2006). Using a Flexible Virtual Environment for Treating a Storm Phobia. *Psychology Journal*. Volume 4. Number 2. Pp 129-144.
- Brooks, B. M., Rose, F. D., Attree, E. A. & Elliot-Square, A. (2002). An evaluation of the efficacy of training people with learning disabilities in a virtual environment. *Disability and Rehabilitation*, 24(11/12), 622-626
- Brown, D. J., Kerr, S. J. & Bayon, V. (1998). The development of the Virtual City: A user centred approach. En: P.M. Sharkey, R. McCrindle & D. Brown (Eds.), Proceedings of the 2nd-European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Techniques (pp. 11- 15). Reading, UK: University of Reading.
- Brown, D. J., Neale, H., Cobb, S. V. & Reynolds, H. (1999). The development and evaluation of the virtual city. *International Journal of Virtual Reality*, 4(1), 28-41.
- Brown, D. J., Stewart, D. S. & Wilson, J. R. (1995). Ethical pathways to virtual learning. In Proceedings of Conference on Virtual Reality and Persons with Disabilities. Northridge, CA: California State University. Extraído el 28 Mayo, 2007: <http://www.csun.edu/cod/conf/1995/proceedings/0010.htm>
- Cobb, S. V. G., Neale, H. R. & Reynolds, H. (1998). Evaluation of virtual learning environments. Proceedings of the 2nd European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated. Techniques (pp. 17-23). Reading, UK: University of Reading.
- Cromby, J., Standen, P, Newman, J. & Tasker, H. (1996). Successful transfer to the real world of skills practiced in a virtual environment by students with severe learning disabilities. En Proceedings of the 1st European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (pp. 103- 107). Reading, UK: University of Reading.
- Crosbie JH, Lennon S, Basford JR, McDonough SM. 2007. Virtual reality in stroke rehabilitation: still more virtual than real. *Disabil Rehabil*. 29(14):1139-46.
- Cushman L, Stein K, Duffy C. 2008. Detecting navigational deficits in cognitive aging and Alzheimer disease using virtual reality. *Neurology* 71:888-895.
- DiZio, P & Lackner, J. R. (1992). Spatial orientation, adaptation, and motion sickness in real and virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1, 323.
- Gesturetek (2007). Product Solution: Gesturete kxtreme software. Extraído el 28 Mayo, 2007: <http://www.gesturetek.com/gestxtreme/gestxtre-mesoftware.php>
- Green D, W. P. (2011). "Use of virtual reality in rehabilitation of movement in children with hemiplegia - A multiple case study evaluation." *Disabil Rehabil*. Epub ahead of print.
- Hettinger, L. J. (1992). Visually induced motion sickness in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 7a 306-307.
- Holden, M. K. (2005). Virtual Environments for motor rehabilitation: Review. *Cyberpsychology & Behavior* 8(3), 187- 211.
- Hunter G., Todd L., Aric R., Trevor V., Magula J., Seibel E., Sharar S. (2006). Using fMRI to Study the Neural Correlates of Virtual Reality Analgesia. *CNS Spectrums Journal*. 11(1): 45-51.

- Iacono, T. (2006). Ethical challenges and complexities of including people with intellectual disability as participants in research. *Journal of Intellectual & Developmental Disability*, 31(3), 173- 179.
- Jaffe, D.L., Brown, D.A., Pierson-Carey, C.D., et al. (2004). Stepping over obstacles to improve walking in individuals with post-stroke hemiplegia. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 41:283–292.
- Johnston, R. (1995). Is it live or is it memorized? *Virtual Reality Special Report*, 2, 53-56
- Jung K., Lee M., Lee Y., Cheong S., Choi M., Suh D., Suh DS., Oah S., Lee S., Lee J. (2006). The Application of a Sensory Integration Treatment Cased on Virtual Reality-Tangible Interaction for Children with Autistic Spectrum Disorder. *Psychology Journal*. Volume 4, Number 2. Pp 145-159.
- Kennedy, R. S. & Stanney, K. M. (1996). Postural instability induced by virtual reality exposure: Development of certification protocol. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 8(1), 2547.
- Lannen, T., Brown, D. & Powell, H. (2002). Control of virtual environments for young people with learning difficulties. *Disability and Rehabilitation*, 24(11/12), 578-586.
- Laver KE, George S, Thomas S, Deutsch JE, Crotty M. 2011. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev*.9:CD008349.
- Lavroff, N. (1994). *Mundos virtuales, realidad virtual y ciberespacio*. México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Lezak, M. D. (2004). *Neuropsychological assessment*_(4" Ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Moore K., Wiederhold BK., Wiederhold MD., Riva G. (2002). Panic and agoraphobia in a virtual world. *The virtual Reality Medical Center, San Diego, California*. 5(3): 197-202.
- Pantelidis, V. S. (1993). Virtual reality in the classroom. *Educational Technology* 33(4), 23-27.
- Parra, J. C, García, R. & Santelices, I. (2001). *Introducción práctica a la realidad virtual*. Concepción: Ediciones Universidad del Bío Bío
- Powers M., Emmelkamp P. (2008). Virtual Reality exposure therapy for anxiety disorders: A meta-analysis. *Psychology Journal of Disorders*. Volume 22. Issue 3. Pp 561-569.
- Raynes, N. V. (1987). Adaptative behaviors scales. En: J. Hogg & N. V. Raynes (1987). *Assessment in mental handicap. A guide to assessment practices, test and checklists* (pp. 81-106). Croom Helm: Cambridge.
- Regan, E. & Price, K. R. (1994). The frequency of occurrence and se-verity of side-effects of immersion virtual reality. *Aviation, Space, & Environmental Medicine*, 65, 527-530.
- Resnik L, E. K., Klinger SL, Kambe C. (2011). "Using virtual reality environment to facilitate training with advanced upper-limb prosthesis." *J Rehabil Res Dev*. 48(6): 707-718.
- Rizzo, A. A. (1994). Virtual reality applications for the cognitive rehabilitation of persons with traumatic head injuries. En: H. J. Murphy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Virtual Reality And Persons With Disabilities*. Northridge, CA: California State University. Extraído el 28 Mayo, 2007: <http://www.csun.edu/cod/conf/1994/proceedings/Thi~1.htm>
- Rizzo, A. A. (2002). Virtual reality and disability: Emergence and challenge. *Disability and Rehabilitation*, 24(11/12), 567- 569.
- Rizzo, A. A. & Buckwalter, J G. (1997). Virtual reality and cognitive assessment and rehabilitation: The State of the Art. En: G. Riva (Ed.), *Psycho-neuro-physiological assessment and rehabilitation in virtual environments: cognitive, clinical and human factor s in advanced human computer interactions* (pp. 123- 146). Amsterdam: IOS Press.
- Rizzo, A. A., Buckwalter, J. G. & van der Zaag, C. (2002). Virtual environment applications in clinical neuropsychology E: K. Stanney (Ed.), *Handbook of virtual environments* (pp. 1027-1064). New York: L.A. Erlbaum.
- Rizzo, A. A., Schultheis, M., Kerns, K. A. & Mateer, C. (2004). Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology. *Neuropsychological Rehabilitation*, 14 (1/2), 207- 239.
- Rizzo, A., Schultheis, M. T. & Rothbaum, B. O. (2003). Ethical issues for the use of virtual reality in the psychological sciences. En: S.S. Bush & M. L. Drexler (Eds.), *Ethical issues in clinical neuropsychology* (pp. 243-280). Lisse, The Neaderlands: Swets & Zeitlinger Publishers.
- Rolland, J.P, Biocca, F.A., Barlow, T. & Ranchería, A. (1995). Quantification of adaptation to virtual-eye location in see-thru head-mounted displays. *Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium '95* (pp. 55 - 66). Los Alamitos, CA.: IEEE Computer Society Press.

- Salem-Darrow, M. (1995). Virtual Reality's increasing potential for meeting needs of person with disabilities: What about cognitive impairments? En: Proceedings of the 3rd International Conference on Virtual Reality and persons with disabilities. Northridge, C.A: California State University. Extraído el 28 Mayo, 2007: <http://www.csun.edu/cod/conf/1995/proceedings/0023.htm>
- Schultheis, M. T., Himmelstein, J. & Rizzo, A. A. (2002). Virtual reality and neuropsychology upgrading the current tools. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 17(5), 378- 394.
- Standen, P J. & Brown, D. J. (2006). Virtual Reality and its role in removing barriers that turn cognitive impairments into intellectual disability *Virtual Reality*, 10, 241-252.
- Standen, P J., Brown, D. J., Anderton, B. A. & Battersby, S. (2006). Systematic evaluation of current control device used by people with intellectual disabilities in non-immersive virtual environment. *Cyber Psychology & Behavior*, 9(5), 608- 613.
- Standen, P J., Brown, D. J. & Cromby, J. J. (2001). The effective use of virtual environments in the education and rehabilitation of students with intellectual disabilities. *British Journal of Educational Technology*, 32(3), 289-299.
- Standen, P J., Brown, D. J., Horan, M. & Proctor, T. (2002). How tutors assist adults with learning disabilities to use virtual environments. *Disability and Rehabilitation*, 24(11-12), 570-577.
- Standen, P. J. & Cromby, J. J. (1995). Can students with developmental disability use virtual reality to learn skills which will transfer to the real world? En: Proceedings of Conference on Virtual Reality and Persons with Disabilities. Extraído el 28 Mayo, 2007:<http://www.csun.edu/cod/conf/1995/proceedings/0011.htm>
- Standen, P. J. & Ip, W. M. D. (2002). An evaluation of the use of virtual environments in improving choice reaction time in people with severe intellectual disabilities. En P. M.
- Sharkey, C. Sik Lányi, P. J. Standen (Eds.), Proceedings of the 4th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (pp. 19-24). Reading, UK: University of Reading
- Suh, D., Sang Cho, H., Goo, J., Park, K. S. & Hahn, M. (2006). Virtual navigation system for the disabled by motor imagery. En: K. Elleity, T. Sobh, A. Mahmood, M. Iskander & M. Karim, (Eds.), *Advances in Computer, Information and Systems Sciences, and Engineering* (pp. 143- 148). Netherlands: Springer
- Todorov, E., Shadmer, R., & Bizzi, E. (1997). Augmented feedback presented in a virtual environment accelerates learning of a difficult motor task. *Journal of Motor Behavior* 29:147–158.
- Whalley, L. J. (1993). Ethical issues in the application of virtual reality to the treatment of mental disorders. En: R. A. Earnshaw, M. A. Gigante & Jones, H. (Eds.), *Virtual reality systems* (pp. 273- 287). London: Academic Press.
- Weiss, P. L., Pnabialik, B. A. & Kizony, R. (2003). Virtual Reality provides leisure time opportunities for young adults with physical and intellectual disabilities. *Cyber Psychology & Behavior*, 6(3), 335- 342.
- Webster, J.S., McFarland, P.T., Rapport, L.J., et al. (2001). Computer-assisted training for improving wheelchair mobility in unilateral neglect patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 82:769–775.
- Wilson, B. A. (1997). Cognitive rehabilitation: How it is and how it might be. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 3, 487-496

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.