

Los juegos serios en el entrenamiento y la rehabilitación cognitiva

Serious Games in Training and Cognitive Rehabilitation

José Antonio Leyva Regalón^{1*}
Irisleydis Mayol Céspedes¹

¹Universidad de Granma, Granma. Cuba.

* Autor para la correspondencia: jaleyva@udg.co.cu

RESUMEN

El uso de programas de entrenamiento y rehabilitación cognitiva asistido por computadora facilita abordar dificultades del funcionamiento cognitivo con precisión y consistencia. Este tipo de asistencia ha estado basado en los últimos años en juegos serios de tecnologías web, Realidad Virtual y Realidad Aumentada. En el presente trabajo se realizó una revisión bibliográfica de los juegos serios con estas tecnologías para el entrenamiento y la rehabilitación cognitiva, valorándose su incidencia en la motivación y las implicaciones de sus métodos y dispositivos de interacción en personas tratadas con estos juegos. Se exponen evidencias de individuos que han sido atendidos bajo este tipo de tratamiento no farmacológico.

Palabras clave: juegos serios; entrenamiento; rehabilitación cognitiva; realidad virtual; realidad aumentada.

ABSTRACT

The use of computer-assisted cognitive training and rehabilitation programs facilitates addressing cognitive functioning difficulties with greater precision and consistency. This type of assistance has been based in recent years on serious games of web, Virtual Reality and Augmented Reality technologies. In the present paper, a bibliographic review of serious games with these technologies was carried out for training and cognitive rehabilitation, evaluating their incidence in the motivation and the implications of their methods and interaction devices in people treated with these games. Evidence is presented of individuals who have been treated under this type of non-pharmacological treatment.

Keywords: serious game; training; cognitive rehabilitation; virtual reality; augmented reality.

Introducción

La rehabilitación cognitiva como parte de la rehabilitación neuropsicológica, constituye la aplicación de técnicas y procedimientos para mejorar las habilidades intelectuales y perceptuales de pacientes que presentan un daño cerebral. Es un proceso sistemático enfocado principalmente a que la persona retome de manera segura e independiente, las actividades cotidianas que desarrollaba antes de una lesión, a través de la adaptación a ambientes familiares, sociales y de trabajo.^(1, 2)

La rehabilitación cognitiva tradicional consiste en una serie de actividades mediante la utilización del lápiz, el papel, los rompecabezas y las tarjetas, que involucra a uno o varios especialistas con cada paciente donde la retroalimentación no siempre es consistente.

La aplicación de estrategias y técnicas en la rehabilitación cognitiva ha sido apoyada por el uso de tecnologías. Dependiendo de las necesidades específicas de una persona, las tecnologías son aplicadas de diversas maneras, desde alarmas para hacer recordar a individuos sobre su planificación de medicamentos hasta el uso de asistentes robóticos interactivos.⁽³⁾

Uno de los métodos que utiliza programas computarizados para el tratamiento de déficits cognitivos es la rehabilitación cognitiva asistida por computadora (CACR por sus siglas en inglés).⁽⁴⁾ Con la CACR se logran nuevas posibilidades de ejercicios terapéuticos y se provee una retroalimentación directa e instantánea.

En la bibliografía científica existen diversos programas informáticos que se han empleado en la CACR. A pesar de la existencia de estos, muchos autores han empleado otras variantes como videojuegos comerciales y juegos serios aplicados a la neurorehabilitación.⁽⁵⁾ El principal propósito de esta variante de rehabilitación es incrementar la motivación de los pacientes en las sesiones terapéuticas. La motivación a menudo puede verse afectada por diversos factores como la monotonía de algunas de las tareas cognitivas, el rechazo de algunos pacientes al uso de materiales como el lápiz y el papel y la insuficiencia de los materiales para realizar estas sesiones.⁽⁶⁾

La tecnología de Realidad Virtual (RV) ha tomado un lugar importante hace muchos años en el entrenamiento⁽⁷⁾ y la rehabilitación de las funciones cognitivas.^(8, 9) De igual forma, los juegos serios basados en la RV y en la creciente tecnología de Realidad Aumentada (RA) corresponden a una importante era de las ciencias computacionales aplicadas a este tipo de rehabilitación.

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica de los juegos serios de tecnología web, Realidad Virtual y Realidad Aumentada desarrollados para el entrenamiento y la rehabilitación cognitiva, valorándose su incidencia en la motivación y las implicaciones de sus métodos y dispositivos de interacción en personas tratadas con estos juegos.

Desarrollo

Un juego serio como cualquier juego tradicional o videojuego tiene como uno de sus principales objetivos el entretenimiento. En contextos como la educación, la industria o la

salud su esencia va mucho más allá de la recreación. De acuerdo con Jonsdottir *et al*⁽¹⁰⁾ "en la neurorehabilitación son concebidos y desarrollados con el propósito de rehabilitar una función limitada". En la rehabilitación cognitiva los retos de un juego serio por lo general inciden directamente en un déficit específico, lo que puede repercutir al mismo tiempo en más de uno.

Hace más de una década muchas compañías, institutos y otras organizaciones investigan y desarrollan ejercicios computarizados para el entrenamiento y la rehabilitación cognitiva. En varios de los casos se concretan en productos informáticos que se comercializan a instituciones sanitarias que los utilizan para complementar sus programas de intervención neuropsicológicos.

RehaCom[®] y Grador[®] son aplicaciones de escritorio que se comercializan y han sido utilizados en la CACR por diversos centros de salud del mundo con resultados satisfactorios.⁽¹¹⁻¹³⁾ Tanto RehaCom[®] como Grador[®] facilitan la rehabilitación de funciones cognitivas como la atención, la percepción, la memoria, el cálculo o el lenguaje a través de diversos ejercicios digitalizados. Ambos permiten que el terapeuta ajuste el sistema a las necesidades de cada paciente mediante niveles de dificultad y obtenga un balance del progreso individual.^(14, 15)

El módulo EINK de RehaCom[®] permite tratar los déficits de la memoria de trabajo y la planeación a través del entrenamiento realista de situaciones diarias como ir de compras al mercado. Tanto su paquete en línea como el de fuera de línea soportan más de 20 idiomas y los dispositivos para la interacción del paciente con el software consisten en un joystick, un mouse y un teclado especial.⁽¹⁶⁾

Juegos serios de tecnología web

Cogmed[®] fue idealizado para el entrenamiento de la memoria de trabajo. Está compuesto por tres programas, el Cogmed JM[®] para preescolar, el Cogmed RM[®] para niños y adolescentes y el Cogmed QM[®] para adultos. Es un programa web que consiste en juegos con una variedad de tareas cada uno.⁽¹⁷⁾ Los niveles de dificultad son ajustados automáticamente a una persona en dependencia de su desempeño ya sea un niño o un adulto. El Cogmed[®] se encuentra apoyado por un coach (entrenador) que es responsable de proporcionar la motivación, la asistencia y la retroalimentación necesarios para lograr la totalidad de los objetivos del programa.⁽¹⁸⁾

En personas con lesión cerebral la intervención mediante Cogmed QM[®] ha permitido lograr una mejoría significativa en la atención, las funciones ejecutivas, la memoria de trabajo y la fatiga.⁽¹⁹⁾ Cogmed RM[®] ha sido neuropsicológicamente efectivo en el tratamiento del trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) en niños y jóvenes.^(20, 21) Todos los productos comparten el mismo diseño y algoritmos con diferencia en la interfaz, lo que permite al usuario mayor adaptabilidad a nuevos juegos en cuanto a los dispositivos de interacción y la tecnología de acceso.

Uno de los juegos en línea desarrollado por Cogmed[®] es Space Mines Patrol. El juego consiste en desmantelar peligrosas minas en un campo de asteroides en el espacio. Para

ello el usuario debe colisionar la nave, que es controlada a través del uso del mouse, con las minas de manera ordenada siguiendo una indicación secuencial luego de haber aparecido todas en pantalla. La dificultad del juego se incrementa a medida que se va pasando de nivel, con lo que aparecen obstáculos y mayor cantidad de minas.

Un estudio realizado por Mayas *et al.* indicó que el entrenamiento cognitivo mediante videojuegos del software Lumosity® incrementa el estado de alerta del adulto mayor y minimiza su distracción. Los resultados del ensayo sugirieron una plasticidad neurocognitiva en el cerebro de la persona mayor a medida que el entrenamiento mejora el rendimiento cognitivo en las funciones atencionales.⁽²²⁾

Lumosity® está compuesto por mini juegos destinados al entrenamiento cerebral de la memoria, la atención, la velocidad, la flexibilidad y la resolución de problemas. Los juegos están disponibles en apps de teléfonos inteligentes o vía internet a través de un navegador web. Lumosity® fue empleado como parte de un programa de rehabilitación cognitiva de funciones ejecutivas de niños con daño cerebral relacionados con el cáncer, en el cual los participantes mostraron un incremento significativo en la activación de la corteza prefrontal.⁽²³⁾

Entre los más de 25 juegos que contiene Lumosity® se encuentran “Comparación de colores” y “A todo vapor”. El primero es una adaptación de la prueba de Stroop 35 que mide la inhibición de respuesta y entrena la flexibilidad. Se muestran dos palabras para que el jugador determine si la de la izquierda, que representa el significado coincide con el color representado en la de la derecha (Figura 1a). El segundo juego entrena la atención dividida donde trenes de diferentes colores deben llegar a su respectiva estación con su mismo color (Figura 1b). Para desviar el curso de los trenes se utiliza el mouse accionando los círculos, lo que varía la conectividad de las vías férreas. El reto se complejiza al aparecer mayor cantidad de estaciones de diferentes colores y la ocurrencia de más trenes.

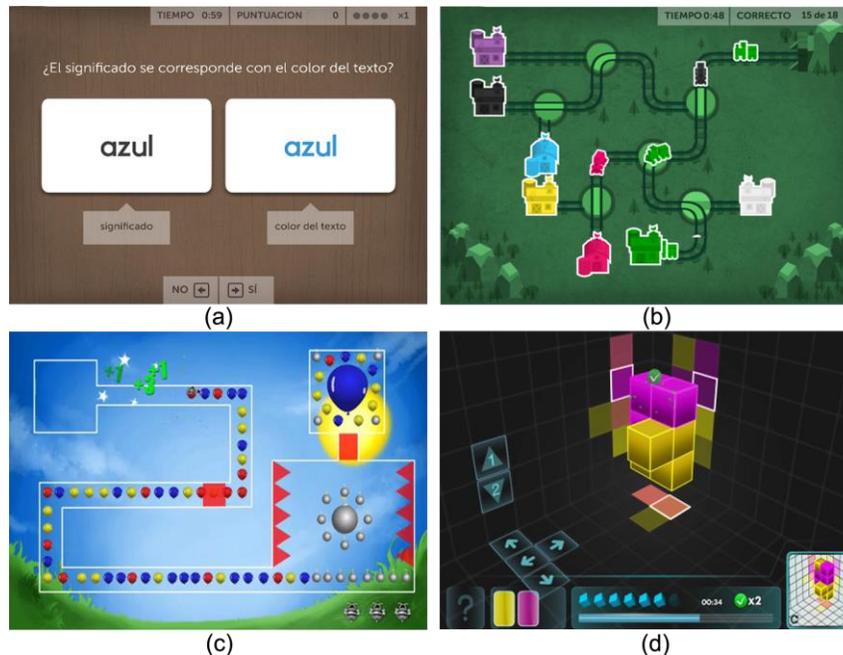


Fig. 1- Juegos de Lumosity (a-b) y CogniFit (c-d). Comparación de colores (a), A todo vapor (b), Explotaglobos (c) y Visión 3D (d).

Fuentes: <http://www.lumosity.com> y <http://www.cognifit.com>

Similar a Lumosity® la plataforma CogniFit® permite el entrenamiento de las funciones cognitivas mediante juegos en línea. Uno de ellos es “Explotaglobos” cuyo propósito es estallar con el uso del mouse todos los globos pasando sobre ellos, evitando las bombas y las zonas rojas (Figura 1c). Conforme aumenta la dificultad de los niveles se mejoran funciones como la atención, la velocidad de procesamiento y la memoria no verbal.

Otro de los juegos de CogniFit® es “Visión 3D” que permite el entrenamiento de la memoria no verbal, la velocidad de procesamiento y la atención focalizada (Figura 1d). Su objetivo es replicar cubo a cubo el modelo del recuadro en el plano 3D utilizando el teclado como medio de interacción. Mediante las flechas del teclado se ubica en la posición deseada cada cubo y con los números se selecciona el color correspondiente.

Recientemente Alaqeel y Aldoghmy realizaron una revisión del entrenamiento computarizado de la memoria de trabajo y las habilidades de lectura en niños discapacitados donde abordaron trabajos de diversos autores en el uso de los juegos de CogniFit® para el tratamiento de la dislexia. Esos estudios evidencian que este tipo de tratamiento fortalece la conectividad de las redes neuronales implicadas en el procesamiento del lenguaje.⁽²⁴⁾

Un estudio llevado a cabo en el Hospital Universitario de Turku, Finlandia, evaluó de manera positiva el efecto y la viabilidad del uso de los juegos de CogniFit® en el tratamiento cognitivo de pacientes que presentan traumatismo craneoencefálico.⁽²⁵⁾ Posteriormente se realizó otro ensayo en el mismo centro hospitalario donde se comparó un grupo de pacientes que recibieron una intervención basada en la plataforma CogniFit®

con otro grupo que recibió una intervención con juegos de entretenimiento de la videoconsola Sony PlayStation 3. A pesar de que los grupos mostraron mejoría significativa respecto al funcionamiento cognitivo de sus integrantes, no hubo diferencia entre ambos.⁽²⁶⁾

NeuronUP® y Guttman NeuroPersonalTrainer® son dos plataformas web para la rehabilitación cognitiva asistida por computadora. Éstas tienen sus propias metodologías fundamentadas por avanzados estudios de la neurociencia que permiten realizar una intervención intensiva y personalizada. Presentan una alta gama de ejercicios y de juegos serios enfocados a mejorar las funciones cognitivas de infantes y adultos.

NeuronUP® ofrece juegos como “Descubre la pieza perdida” y “Código oculto” para estimular la atención dividida en niños. En el primero de ellos, los niños deben encontrar en una imagen una pieza mostrada que representa un objeto o fragmento dentro de la imagen. En cada nivel, los detalles de la pieza se disminuyen por lo que el reconocimiento se torna más difícil. “Código oculto” requiere que los pequeños determinen en un conjunto de números en movimiento los dígitos que no varían. Los números son representados matricialmente e incrementan gradualmente con el progreso del juego.

El “Déjà vú” es uno de los juegos disponibles para los adultos. El reto está en identificar imágenes que se mostraron en reiteradas ocasiones dentro de una secuencia de elementos. Esta secuencia puede representar lugares o situaciones de la vida diaria. Las funciones cognitivas principales que se trabajan son la memoria de trabajo y la atención sostenida.

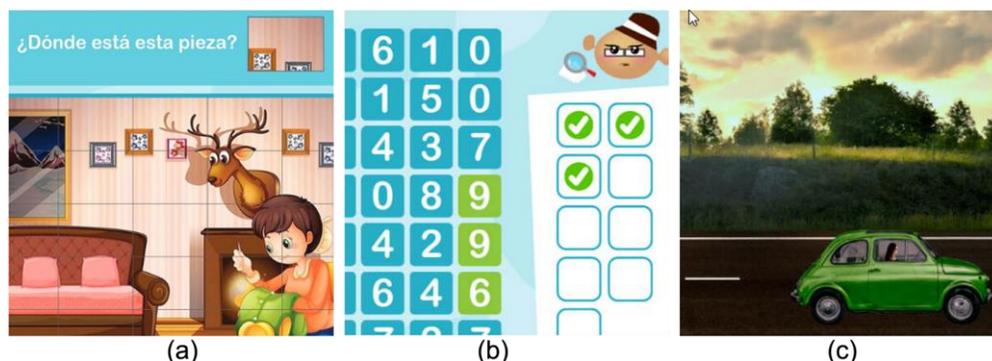


Fig. 2- Juegos de NeuronUP. Descubre la pieza perdida (a), Código oculto (b) y Déjà vú (c).

Fuente: <http://www.neuronup.com>

La personalización de los más de 100 juegos de NeuronUP® facilita al terapeuta adaptar la rehabilitación a la capacidad cognitiva de una persona. Cada paciente tiene un perfil con sus datos personales y un registro de todas las actividades que realiza en el sistema. El programa permite la intervención en áreas como la discapacidad intelectual, actividades de la vida cotidiana, apraxias, habilidades sociales, funciones ejecutivas y agnosias. NeuronUP® fue empleado en la rehabilitación cognitiva de la esclerosis múltiple de un

gran número de individuos de forma simultánea⁽²⁷⁾ y en el tratamiento del adulto mayor con deterioro cognitivo leve.⁽²⁸⁾

Guttmann NeuroPersonalTrainer[®] también proporciona al especialista la parametrización de los juegos lo que determina el grado de dificultad de los mismos. Acorde con el perfil cognitivo de cada paciente almacenado en la base de datos del sistema el terapeuta puede configurar y planificar las sesiones de rehabilitación de una o varias personas. Estas propiedades permitieron la personalización de la CACR vía internet a un grupo de pacientes con accidente cerebrovascular que formaban parte de un estudio que evaluó los beneficios del entrenamiento cognitivo con esta plataforma.⁽²⁹⁾

Las plataformas web expuestas hasta este momento toman ventajas de los diversos medios de conexión a Internet que disponen muchos pacientes del mundo para proporcionarles un espacio de entrenamiento o rehabilitación de sus funciones cognitivas a través del entretenimiento. El paciente puede recibir estas intervenciones en su hogar u otro lugar fuera de un centro médico sin la supervisión del especialista, lo que le permite elegir el momento que sienta mayor motivación para conectarse y jugar plácidamente. La interacción con este tipo de juegos serios generalmente se realiza con un teclado, un mouse o vía táctil mediante los teléfonos inteligentes los cuales constituyen formas conocidas para los internautas.

Juegos serios de Realidad Virtual

Los juegos serios recreados en ambientes tridimensionales requieren dispositivos físicos como gafas o cascos de RV, guantes y trajes equipados con sensores, mouse, teclado y joystick o paddle para proporcionar la interacción al usuario. Estos dispositivos y la forma de visualización determinan el modo inmersivo o no inmersivo de la RV.⁽³⁰⁾

Situaciones necesarias para rehabilitar un paciente no siempre pueden ser representadas en un centro de salud por diferentes limitantes. En este sentido, la RV permite crear simulaciones de éstas y otras situaciones a través de información virtual generada por computadora, lo que complementa las actividades terapéuticas de un paciente.

Un ejemplo de la afirmación anterior es 'Kitchen and cooking', un juego serio desarrollado para el entrenamiento cognitivo de personas que padecen del Alzheimer. Cuenta con escenarios virtuales similares a una cocina real donde una persona puede preparar comidas basadas en recetas. Manera *et al.*⁽³¹⁾ realizaron un estudio piloto para analizar la aceptabilidad de este juego en pacientes mayores de edad con deterioro cognitivo leve y Alzheimer.

Los participantes del estudio realizaron tareas de búsqueda y selección de los ingredientes situados en la mesa, la nevera y la alacena virtual. La preparación y cocción de los ingredientes siguió un orden establecido en las recetas que exigió al paciente la planificación de cada tarea. Los autores concluyeron que 'Kitchen and cooking' fue motivante y aceptable para los participantes puesto que realizaron los retos cognitivos de manera entretenida y placentera.

Shooter es un género de videojuegos donde el jugador dispone de un arma (generalmente de fuego) para eliminar objetivos de diversas características. Shooter en primera persona es una de las variantes de este género en el cual todo el ambiente tridimensional se presenta en pantalla como si fuera la propia visión de la persona. Inspirado en esta variante Mader *et al.* ⁽³²⁾ diseñaron *Le Village aux Oiseaux*, el cual pertenece a un subgénero llamado rail shooter donde el movimiento de la cámara está predefinido por el juego.

Le Village aux Oiseaux es un juego serio para la CACR de personas de la tercera edad que tienen la enfermedad de Alzheimer. El arma concebida por los desarrolladores es una cámara fotográfica virtual que es manipulada físicamente mediante un controlador de juego similar a Nintendo Wiimote. La trama consiste en que el jugador en el rol de fotógrafo llega a un pueblo que será destruido próximamente, donde deberá tomar fotografías de una población de aves para demostrar que el lugar constituye una reserva natural y evitar así su destrucción.

El principal objetivo es estimular la red atencional de las personas con este tipo de demencia. El dispositivo de interacción es similar a un control remoto de televisión por lo que resulta cómodo para personas de esta edad, y así fue constatado en un estudio realizado por los autores con adultos mayores.

Otra herramienta muy empleada en este tipo de rehabilitación es la cámara de sensor de profundidad Kinect, dadas sus enormes posibilidades para aplicaciones basadas en la RV y RA. Kinect permite controlar e interactuar con elementos virtuales sin tener contacto físico a través de una interfaz natural de usuario que reconoce gestos y comandos de voz. Con el uso de este periférico de entrada Tran *et al.* ⁽³³⁾ propusieron un juego serio basado en un avatar para acompañar el entrenamiento cognitivo de adultos.

El avatar es la representación 3D de un personaje femenino que actúa como interlocutor entre el paciente y la máquina, lo que incrementa su atención, simpatía y motivación al jugar. El sistema monitoriza el estado de ánimo de la persona mientras ocurre su comunicación con el avatar virtual para determinar el momento indicado de jugar. Ésto minimiza de cierto modo la distracción y la presión para iniciar el juego y aumenta la confianza del paciente para realizar las tareas cognitivas.

Otro juego serio que utiliza Kinect es *ReaKinG*, diseñado para la rehabilitación física y cognitiva. Su finalidad es motivar a pacientes mayores de edad a realizar ejercicios físicos y al mismo tiempo ejercitar la mente. En las sesiones terapéuticas no se requiere la presencia de un personal profesional y se permite la personalización de cada tarea y el registro del progreso de los jugadores. ⁽³⁴⁾

Similar al juego anterior, *ReaKinG* utiliza un avatar con el fin de simular virtualmente todos los movimientos que realiza el paciente frente a la cámara. En el transcurso de la rehabilitación el sistema verifica la correcta ejecución de los ejercicios y ofrece información de retroalimentación audiovisual. *ReaKinG* está compuesto por dos tipos de juegos: aeróbicos y de fuerza. En el primer caso el jugador debe recolectar monedas que requieren movimientos aeróbicos y resolver retos cognitivos como operaciones

matemáticas, coleccionar comidas y ropas que al final deberá listar. Los juegos de fuerza constan de ejercicios virtuales como los que se realizan en un gimnasio real.

A pesar que Kinect permite establecer una interfaz de usuario natural para la interacción con entornos virtuales, otros dispositivos como el joystick proporcionan buenas experiencias en aplicaciones para el tratamiento cognitivo. Un ejemplo de su uso es en una ciudad virtual creada por Amado *et al.* ⁽³⁵⁾ para mejorar las funciones cognitivas de personas con esquizofrenia.

El juego consiste en un ambiente urbano virtual inspirado en la ciudad de París donde los pacientes se trasladan por las avenidas y carreteras como transeúntes para visitar lugares que deben memorizar y anotar en un mapa 2D. A través del joystick los usuarios pueden controlar el movimiento de la cámara del juego que simula ser la visión del paciente trasladándose y observando en distintas direcciones.

Los desarrolladores del juego realizaron un estudio piloto con 8 personas con esquizofrenia en el Centro de referencia para la rehabilitación y la remediación cognitiva del Centro Hospitalario Sainte Anne de París. Inicialmente fueron entrenados en la lógica y el método de interacción. Luego fueron planificadas diversas sesiones terapéuticas donde los participantes mejoraron su orientación visual y la capacidad para la toma de decisiones, en la elección de la ruta adecuada a seguir y estableciendo puntos de referencias por lugares transitados.

En diferentes partes de la ciudad debieron realizar actividades como ir de compras a varias tiendas, girar a la izquierda o derecha en algunos puntos conocidos, observar el tiempo y comprar pan sin olvidar recoger a un amigo en el ferrocarril, lo que favoreció su memoria de trabajo visoespacial. Al final del estudio los participantes también tuvieron beneficios en la atención y la memoria de trabajo no verbal.

Juegos serios de Realidad Aumentada

En la Realidad Aumentada la información virtual se combina con el mundo real, el cual es obtenido mediante un dispositivo de captura de video para generar una escena enriquecida de elementos tridimensionales. Dado que esta escena aumentada se visualiza en tiempo real, la interacción de un individuo con los elementos virtuales ocurre en el mismo momento. ⁽³⁶⁾

Los métodos de interacción involucran dispositivos físicos como los de la RV, algunos dispositivos no electrónicos y el reconocimiento de gestos u otros movimientos corporales. La Realidad Aumentada incorpora otros métodos de interacción basados en la interfaz de usuario tangible donde es posible manipular la información virtual por medio de objetos físicos convencionales. ⁽³⁷⁾

Basado en la interfaz de Realidad Aumentada Tangible, Correa *et al.* ⁽³⁸⁾ desarrollaron un juego musical llamado GenVirtual para la rehabilitación motora y cognitiva. GenVirtual simula un teclado musical que consiste en cubos virtuales de diferentes colores con un sonido asociado. Cada cubo virtual se visualiza encima de un marcador físico que es

reconocido por el programa mediante una webcam. Este reconocimiento computacional resulta en una escena aumentada donde un individuo puede tocar las marcas físicas y, por consiguiente, se imita el toque real de los cubos virtuales. Acto seguido, se reproduce un sonido que por lo general está relacionado con una nota musical.

El juego admite hasta 12 marcadores para facilitar la representación de la escala mayor en las 12 tonalidades. Uno de los propósitos de asociar cada marcador a una sola nota musical es posibilitar la planificación motora por parte de un terapeuta. GenVirtual dispone de una biblioteca de canciones para ser reproducidas por un paciente mediante las notas correspondientes las cuales son previamente configuradas por un especialista. Esta configuración permite que cada marcador sea ubicado físicamente en una disposición deseada y proporcionar mayor comodidad al paciente.



Fig. 3- Cubos virtuales e interacción con los marcadores en GenVirtual.

El método de interacción basado en el uso de marcadores permite a pacientes con limitaciones físicas en las manos poder tocar melodías que podrían resultar difíciles o imposibles en instrumentos de teclado como el piano. Esta propiedad sin duda puede incentivar la motivación de estos pacientes y favorecer la coordinación motora.⁽³⁹⁾ Este tipo de terapia estimula la atención, la memoria y la concentración de sus jugadores a través de los retos del juego, que exigen creatividad e independencia.

En una investigación reciente los autores realizaron mejoras al software GenVirtual y lo sometieron a una evaluación de profesionales de la salud divididos en 3 grupos focales. Los resultados sugirieron que GenVirtual constituye una herramienta complementaria para la práctica clínica convencional en la rehabilitación cognitiva y motora de niños y adultos.⁽⁴⁰⁾

Boletsis y McCallum⁽⁴¹⁾ desarrollaron un juego serio para el entrenamiento cognitivo preferentemente de personas con daño cognitivo moderado o estado inicial de demencia. Está conformado por 6 minijuegos cuya interacción es realizada mediante cubos físicos con un marcador en el lado superior de cada uno. La escena aumentada es observada por el paciente mediante una Tablet PC que actúa como una lupa a la vez. El jugador utiliza los

cubos físicos para crear contenido de RA o manipularlos en correspondencia con la lógica de cada mini juego. El especialista puede ajustar un conjunto de juegos de acuerdo al estado cognitivo de una persona y monitorear su progreso.

Uno de los juegos para entrenar el razonamiento lógico consiste en confeccionar palabras a partir de 9 letras en modelos 3D, los cuales son manipulados con los cubos. En otro, el jugador debe asociar figuras con formas similares y colores diferentes dentro de un conjunto, lo que permite entrenar el procesamiento de la información y la inhibición de respuesta.

En este prototipo los autores mediante un estudio piloto determinaron que debido a diversos movimientos de los pacientes, no se facilitaba la visibilidad de los marcadores y como consecuencia el sistema generaba fallos en el correspondiente algoritmo computacional para sus reconocimientos. Esta situación es conocida como problema de oclusión del marcador en el cual el sistema no es capaz de identificar la referencia física para generar los elementos virtuales dentro de la escena real.

En un estudio posterior los autores realizaron mejoras a este prototipo generando un nuevo sistema de juego llamado CogARC.⁽⁴²⁾ Una de las mejoras es precisamente minimizar el problema de oclusión a través del establecimiento de un marcador en cada lado de un cubo y así aumentar las probabilidades de reconocimiento y proporcionarle al paciente mayor grado de libertad en sus movimientos (Figura 4b). Otra propiedad es la inserción de juegos serios para el *screening* cognitivo de los pacientes. En el software se combinan los test de *screening* con los ejercicios de entrenamiento como una sola herramienta de doble propósito.

La retroalimentación auditiva de CogARC es limitada por lo que los desarrolladores complementaron la guía del usuario con textos e íconos (Figura 4a). La interfaz del sistema está diseñada apropiadamente para adultos mayores de 60 años e integra efectos visuales para incrementar la retroalimentación luego de finalizar cada juego (Figura 4c). Cada jugador debe completar las tareas cognitivas de los mini juegos lo más rápido posible para acumular puntuación. Los niveles de cada juego incrementan la complejidad de forma ascendente con el progreso de la persona.

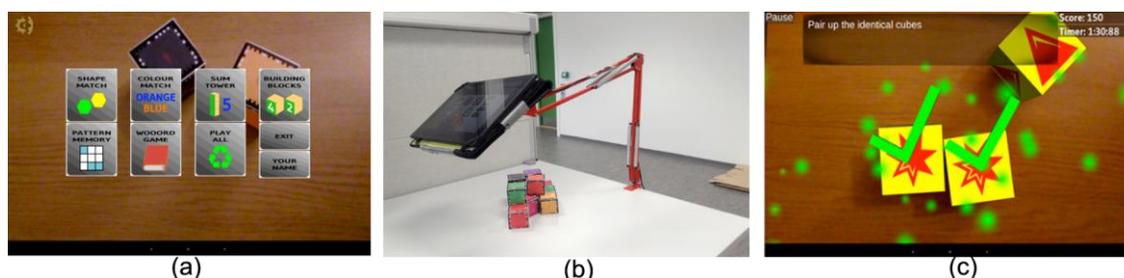


Fig. 4- Juego serio CogARC. Iconos (a), marcadores (b) y efectos especiales (c).

Uno de los juegos de CogARC está basado en el principio del juego “Comparación de colores” de Lumosity®. Los juegos restantes inciden en el entrenamiento de la percepción, la atención, el procesamiento visual y espacial, el lenguaje y las funciones ejecutivas. El método de interacción tangible produce la consecuente mejora de las habilidades motoras del jugador.

Ventajas y limitaciones de los juegos serios en la motivación de los pacientes

Es difícil afirmar que un juego serio diseñado para entrenar o rehabilitar un área cognitiva es adecuado para cualquier tipo de paciente. La diferencia de gustos, edad y habilidades de cada persona en una o varias poblaciones puede incidir en la total o parcial aceptación de este tipo de terapia.

Los juegos comerciales tratados en este trabajo constan de un gran número de estudios que evidencian su aprobación por personas y centros de salud de distintos sitios geográficos. Entre sus principales características se destaca la web como medio de acceso para permitir al paciente realizar las sesiones de entrenamiento o rehabilitación en un horario deseado desde su casa.

Sin embargo, no todas las personas tienen la disponibilidad para acceder a la red de redes o cuentan con el dispositivo para hacerlo. Incluso, algunos centros de rehabilitación no podrían costear estos productos comerciales o la infraestructura tecnológica necesaria. A pesar de que este aspecto es muy relativo, existen cuestiones como el método de interacción de un juego que puede atentar con la usabilidad de una herramienta informática.

Uno de los principales objetivos de un juego serio es precisamente la motivación del paciente de realizar las actividades planificadas por el especialista mediante el entretenimiento. Por tanto, el tipo de juego y de qué forma podrá interactuar el paciente, son cuestiones importantes que debe tener en cuenta el equipo multidisciplinario a la hora de diseñar un programa de entrenamiento o rehabilitación cognitiva.

Periféricos tradicionales como el mouse y el teclado pueden ser de gran ventaja para individuos con experiencia en su uso o un inconveniente real para aquellos que presentan limitaciones físicas o apatía por la tecnología. Igual ocurre con los controladores de juegos existentes, aunque muchos adolescentes y jóvenes los dominan por su uso en videojuegos comerciales.

Las interfaces naturales tanto en juegos de RV como en los de RA constituyen un modo agradable y natural de interactuar con los elementos virtuales. La comunicación con un avatar virtual puede incidir positivamente en la conducta del paciente y en sus habilidades sociales en la vida real. Los marcadores de RA utilizados en los estudios abordados permiten una vía fácil de interacción con objetos 3D en una escena aumentada en pacientes de diferentes edades, género y limitaciones físicas.

La retroalimentación es otro aspecto esencial en un proceso de rehabilitación, principalmente en brindar información al paciente sobre su rendimiento. En este sentido, el juego generalmente permite llevar un registro del cumplimiento de sus retos, lo que se representa mediante la visualización de una puntuación que incita al jugador a esmerarse en cada nuevo desafío. Al mismo tiempo, se realizan recompensas por sus logros como la puntuación extra y se promueve el interés del paciente por obtener ítems que faciliten la resolución de los retos del juego.

El registro de todos esos datos a través del soporte informático es más fiable y consistente para su posterior análisis en la toma de decisiones por parte de los especialistas. La mayoría de estos juegos serios permiten la personalización de atributos como el tiempo, la dificultad o el dispositivo de interacción. Estas propiedades le conceden al especialista el control para configurar los ejercicios acordes a las necesidades de cada individuo. No obstante, la inteligencia artificial puede colaborar en la personalización automática de los juegos serios propiciando una intervención más apropiada para la persona.

El caso de estudio de GenVirtual mostró que pacientes con disminución de la motricidad pueden jugar no sólo con un teclado musical, si no con botones representados en marcadores para responder las interrogantes o a eventos de un juego serio en el tratamiento cognitivo. Dicho esto, es necesario resaltar que ningún juego o método de interacción tratado en este trabajo es mejor que los otros. Cada uno fue realizado con un fin terapéutico, siendo así, en la aplicación de un programa de intervención, es conveniente el conocimiento de estas tecnologías para sacar el máximo provecho en la motivación del paciente.

Conclusiones

Los juegos serios representan un importante recurso para el entrenamiento y la rehabilitación cognitiva del paciente tanto en su hogar como en un centro de salud. Por tanto, figura una tendencia actual de procedimiento a ser incluidos en el diseño y aplicación de programas de intervención para favorecer la motivación del paciente y minimizar el tiempo total del tratamiento.

No obstante, constituye un campo aplicado en constante desarrollo que requiere de múltiples estudios clínicos para lograr una rehabilitación más completa de todos los déficits cognitivos o una prevención del decline de las áreas cognitivas preservadas de una persona.

Referencias

1. Bringas Vega ML, Fernández García Y, García Navarro ME, Ruiz López EdC, Casabona Fernández E, Fernández Martínez E, et al. La Neuropsicología en Cuba. Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias [Internet]. 2009 [citado 4 Jul 2018];9(2):53-76. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3988096.pdf>.

2. Cárdenas Poveda DC, Rojas González AF, Cuéllar Suárez ST, Castañeda Ibáñez NN. Estrategias de estimulación cognitiva para la mejora de la atención en adultos con diagnóstico de discapacidad intelectual. *Revista Psicoespacios* [Internet]. 2017 [citado 4 Jul 2018];11(9):3-23. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6109868.pdf>.
3. LoPresti EF, Mihailidis A, Kirsch N. Assistive technology for cognitive rehabilitation: State of the art. *Neuropsychological Rehabilitation* [Internet]. 2004 [cited 2018 Jul 4];14(1/2):5-39. Available from: <http://www.tandf.co.uk/journals/pp/09602011.html>.
4. Park IS, Yoon JG. The effect of computer-assisted cognitive rehabilitation and repetitive transcranial magnetic stimulation on cognitive function for stroke patients. *Journal of physical therapy science* [Internet]. 2015 [cited 2018 Jul 4];27(3):773-6. Available from: http://www.istage.jst.go.jp/article/jpts/27/3/27_jpts-2014-625/pdf.
5. Zucchella C, Sinforiani E, Tassorelli C, Cavallini E, Tost Pardell D, Grau S, et al. Serious games for screening pre-dementia conditions: from virtuality to reality? A pilot project. *Funct Neurol* [Internet]. 2014 Jul-Sep [cited 2018 Jul 4];29(3):153-8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4264781/>.
6. Perry JC, Andureu J, Cavallaro FI, Veneman J, Carmien S, Keller T. Effective game use in neurorehabilitation: user-centered perspectives. In: Felicia P. *Handbook of research on improving learning and motivation through educational games: multidisciplinary approaches* [Internet]. EE UU: IGI Global; 2011 [cited 2018 Jul 12]. p. 683-725. Available from: http://scarmien.com/papers/Gaming%20Book%20Chapter_v04a_jcp_submitted_15May2010-1.pdf.
7. Fernández Calvo B, Rodríguez Pérez R, Contador I, Rubio Santorum A, Ramos F. Eficacia del entrenamiento cognitivo basado en nuevas tecnologías en pacientes con demencia tipo Alzheimer. *Psicothema* [Internet]. 2011 [citado 12 Jul 2018];23(1):44-50. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/727/72717207008.pdf>.
8. Burdea G. Keynote address: Virtual rehabilitation-benefits and challenges [Internet]. 1st International Workshop on Virtual Reality Rehabilitation (Mental Health, Neurological, Physical, Vocational) VRM; 2002 [cited 2018 Jul 12]; [about 11 p]. Available from: http://www.ti.rutgers.edu/publications/papers/2002_vrmhr_burdea.pdf.
9. Dores AR, Mendes L, Carvalho IP, Guerreiro S, Almeida I, Barbosa F. Significance of virtual reality-based rehabilitation in acquired brain injury [abstract]. In: Hu F. *Virtual and Augmented Reality: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* [Internet]. EE UU: IGI Global; 2016 [cited 2018 Jul 5]. p. 164-79. Available from: <http://pdfs.semanticscholar.org/7b25/a472371ef1539b90b52e8d164a3a419f909f.pdf>.
10. Jonsdottir J, Bertoni R, Lawo M, Montesano A, Bowman T, Gabrielli S. Serious games for arm rehabilitation of persons with multiple sclerosis. A randomized controlled pilot study. *Multiple sclerosis and related disorders* [Internet]. 2018 Jan [cited 2018 Jul 5];19:25-9. Available from: [http://www.msard-journal.com/article/S2211-0348\(17\)30267-5/fulltext](http://www.msard-journal.com/article/S2211-0348(17)30267-5/fulltext).
11. Amaya Díaz LP. Intervención neuropsicológica de procesos cognitivos con el software de rehabilitación gradior en niños con trastorno por deficit de atención con hiperactividad y retraso mental [tesis de grado]. Venezuela: Universidad Pontificia Bolivariana; 2011

[citado 5 Jul 2018]. 69 p. Disponible en: http://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1629/digital_21665.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

12. Fernández E, Bergado Rosado JA, Rodríguez Pérez D, Salazar Santana S, Torres Aguilar M, Bringas ML. Effectiveness of a Computer-Based Training Program of Attention and Memory in Patients with Acquired Brain Damage. *Behav Sci* [Internet]. 2018 Jan [cited 2018 Jul 5];8(1):[about 12 p.]. Available from: http://res.mdpi.com/behavsci/behavsci-08-00004/article_deploy/behavsci-08-00004-v2.pdf?filename=&attachment=1.

13. Fernández LG. Eficacia del programa de rehabilitación cognitiva computarizada (rehacom) sobre la cognición y el funcionamiento psicosocial de pacientes diagnosticados de un primer episodio psicótico [tesis doctoral Internet]. Alicante, España: Universidad Miguel Hernández de Elche; 2016 [citado 5 Jul 2018]. 261 p. Disponible en: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3430/1/TD%20Garc%C3%ADa%20Fern%C3%A1ndez,%20Lorena.pdf>.

14. Vanova M, Irazoki E, García Casal JA, Martínez Abad F, Botella C, Shiells KR, et al. The effectiveness of ICT-based neurocognitive and psychosocial rehabilitation programmes in people with mild dementia and mild cognitive impairment using GRADIOR and ehcoBUTLER: study protocol for a randomised controlled trial. *Trials* [Internet]. 2018 Feb [cited 2018 Jul 12];19:[about 15 p.]. Available from: <http://trialsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13063-017-2371-z>.

15. Wolnik L. Rehabilitación de las Funciones Ejecutivas en la Esquizofrenia: Una revisión sistemática. *Revista de Discapacidad, Clínica y Neurociencias* [Internet]. 2018 [citado 12 Jul 2018];5(1):31-57. Disponible en: <https://www.dropbox.com/s/rsn6navalm7ggy0/neuropsicologia%20esquizofrenia%2C%20revision%2C%203.pdf?dl=0>.

16. Schönauer C, Pintaric T, Kaufmann H, Jansen Kosterink S, Vollenbroek Hutten M. Chronic pain rehabilitation with a serious game using multimodal input. In: 2011 International Conference on Virtual Rehabilitation, ICVR). 2011 Jul [cited 2018 Jul 5]: [about 8 p.]. Zurich, Switzerland: IEEE. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Hannes_Kaufmann/publication/224251176_Chronic_pain_rehabilitation_with_a_serious_game_using_multimodal_input/links/0fcfd5092886c0831e000000/Chronic-pain-rehabilitation-with-a-serious-game-using-multimodal-input.pdf.

17. Bogdanova Y, Yee MK, Ho VT, Cicerone KD. Computerized Cognitive Rehabilitation of Attention and Executive Function in Acquired Brain Injury: A Systematic Review. *J Head Trauma Rehabil* [Internet]. 2016 Nov-Dec [cited 2018 Jul 4];31(6):419-33. Available from: <http://europepmc.org/articles/pmc5401713>.

18. Fälth L, Jaensson L, Johansson K. Working memory training-a cogmed intervention. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research* [Internet]. 2015 Dec [cited 2018 Jul 12];14(2):28-35. Available from: <http://www.ijlter.org/index.php/ijlter/article/viewFile/525/239>.

19. Björkdahl A, Åkerlund E, Svensson S, Esbjörnsson E. A randomized study of computerized working memory training and effects on functioning in everyday life for

- patients with brain injury. *Brain Inj* [Internet]. 2013 Oct [cited 2018 Jul 12];27(13-14):1658-65. Available from: http://www.researchgate.net/profile/Eva_Esbojernsson/publication/257887702_A_randomized_study_of_computerized_working_memory_training_and_effects_on_functioning_in_everyday_life_for_patients_with_brain_injury/links/0deec52c51f1f9fc25000000.pdf.
20. Chacko A, Feirsen N, Bedard AC, Marks D, Uderman JZ, Chimiklis A. Cogmed Working Memory Training for Youth with ADHD: A closer examination of efficacy utilizing evidence-based criteria. *J Clin Child Adolesc Psychol* [Internet]. 2013 [cited 2018 Jul 12];42(6):[about 31 screens]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3744604/>.
21. Chacko A, Bedard AC, Marks DJ, Feirsen N, Uderman JZ, Chimiklis A, et al. A randomized clinical trial of Cogmed Working Memory Training in school-age children with ADHD: A replication in a diverse sample using a control condition. *J Child Psychol Psychiatry* [Internet]. 2014 Mar [cited 2018 Jul 12];55(3):247-55. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3944087/>.
22. Mayas J, Parmentier FB, Andrés P, Ballesteros S. Plasticity of attentional functions in older adults after non-action video game training: a randomized controlled trial. *PLoS One* [Internet] [cited 2018 Jul 5]. 2014;9(3):[about 34 screens]. Available from: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0092269>.
23. Kesler SR, Lacayo NJ, Jo B. A pilot study of an online cognitive rehabilitation program for executive function skills in children with cancer-related brain injury. *Brain Inj* [Internet]. 2011 [cited 2018 Jul 5];25(1):101-12. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3050575/>.
24. Alaqeel A, Aldoghmy O. A literature review on effectiveness of computerized training programs on working memory capacity and reading ability of students with disabilities. *European Journal of Special Education Research* [Internet]. 2018 [cited 2018 Jul 5];3(3):91-128. Available from: <http://www.oapub.org/edu/index.php/ejse/article/viewFile/1606/4237>.
25. Välimäki M, Korkeila J, Kauppi K, Kaakinen JK, Holm S, Vahlo J, et al. Digital gaming for improving the functioning of people with traumatic brain injury: protocol of a feasibility study. *JMIR Res Protoc* [Internet]. 2016 Jan-Mar [cited 2018 Jul 12];5(1):[about 29 screens]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4764786/>.
26. Välimäki M, Mishina K, Kaakinen JK, Holm SK, Vahlo J, Kirjonen M, et al. Digital Gaming for Improving the Functioning of People With Traumatic Brain Injury: Randomized Clinical Feasibility Study. *J Med Internet Res* [Internet]. 2018 Mar [cited 2018 Jul 12];20(3):[about 43 screens]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5881042/>.
27. Vázquez Caro S, Rodríguez Antigüedad A, Mendibe Bilbao M, Vázquez Caro P. NeuronUp as a tool for Cognitive Rehabilitation in MS [abstract]. *Multiple Sclerosis Journal* [Internet]. 2017 Apr [cited 2018 Jul 12];23(6):[about 4 screens]. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1352458517701017>.
28. Cruz Gonzalez P, Fong KN, Brown T. The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on the Cognitive Functions in Older Adults with Mild Cognitive Impairment: A Pilot Study. *Behavioural Neurology* [Internet]. 2018 [cited 2018 Jul 12];2018:[about 14 p.]. Available from: <http://downloads.hindawi.com/journals/bn/2018/5971385.pdf>.

29. Gil Pagés M, Solana J, Sánchez Carrión R, Tormos JM, Enseñat Cantallops A, García Molina A. A customized home-based computerized cognitive rehabilitation platform for patients with chronic-stage stroke: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* [Internet]. 2018 [cited 2018 Jul 12];19(1):[about 10 p.]. Available from: <http://trialsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13063-018-2577-8>.
30. Weiss P, Rand D, Katz N, Kizony R. Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2004 [cited 2018 Jul 12];1(1):[about 12 p.]. Available from: <http://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-1-12>.
31. Manera V, Petit P-D, Derreumaux A, Orvieto I, Romagnoli M, Lyttle G, et al. 'Kitchen and cooking,' a serious game for mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: a pilot study. *Frontiers in Aging Neuroscience* [Internet]. 2015 Mar [cited 2018 Jul 17];7:[about 10 p.]. Available from: <http://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnagi.2015.00024>.
32. Mader S, Dupire J, Natkin S, Guardiola E. Designing therapeutic games for seniors: case study of "le village aux oiseaux"(birds village). *Modelling, Measurement and Control A* [Internet]. 2012 [cited 2018 Jul 17]:[about 14 p.]. Available from: http://www.researchgate.net/profile/Stephanie_Mader/publication/261580108_Designing_therapeutic_games_for_seniors_case_study_of_le_village_aux_oiseaux_birds_village/links/545b53c90cf28779a4db0bc1/Designing-therapeutic-games-for-seniors-case-study-of-le-village-aux-oiseaux-birds-village.pdf.
33. Tran MKP, Bremond F, Robert P, editors. How to interest Seniors with Serious Games? SFTAG; 2014 [cited 2018 Jul 17]:[about 4 p.]. Available from: <http://www-sop.inria.fr/members/Francois.Bremond/Postscript/HowtointerestSeniorswithSeriousGames.pdf>.
34. Pedraza Hueso M, Martín Calzón S, Díaz Pernas FJ, Martínez Zarzuela M. Rehabilitation using kinect-based games and virtual reality [abstract]. *Procedia Computer Science* [Internet]. 2015 [cited 2018 Jul 17];75:161-8. Available from: https://scholar.google.com/cu/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_vis=1&q=Rehabilitation+using+kinect-based+games+and+virtual+reality.+Procedia+Computer+Science&btnG=.
35. Amado I, Brénugat-Herné L, Orriols E, Desombre C, Dos Santos M, Prost Z, et al. A serious game to improve cognitive functions in schizophrenia: a pilot study. *Front. Psychiatry* [Internet]. 2016 Apr [cited 2018 Jul 17];7:[about 11 p.]. Available from: <http://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsy.2016.00064/full>.
36. de França Pereira P, Lourenço PG, Bergamaschi MP. Fundamentals of Augmented Reality. *Unisanta Science and Technology* [Internet]. 2017 Dec [cited 2018 Jul 17];6(2):101-7. Available from: <http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat/article/viewFile/1191/1118>.
37. Brock AM, editor. Tangible Interaction for Visually Impaired People: why and how. *World Haptics Conference-Workshop on Haptic Interfaces for Accessibility*, Jun 2017, Germany. HAL [Internet]. 2017 [cited 2018 Jul 17]:[about 4 p.]. Available from: <http://hal.inria.fr/hal-01523745/document>.
38. Correa AGD, De Assis GA, do Nascimento M, Ficheman I, de Deus Lopes R, editors. *Genvirtual: An augmented reality musical game for cognitive and motor rehabilitation*. In:

- 2007 Virtual Rehabilitation [Internet]. Italy: IEEE; 2007 Sep [cited 2018 Jul 17]:[about 6 p.]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/4283554_GenVirtual_An_Augmented_Reality_Musical_Game_for_Cognitive_and_Motor_Rehabilitation.
39. Correa AGD, Ficheman IK, do Nascimento M, de Deus Lopes R, editors. Computer assisted music therapy: A case study of an augmented reality musical system for children with cerebral palsy rehabilitation. In: 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies [Internet]. Riga: IEEE; 2009 [cited 2018 Jul 17]. p. 218-20. Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.452.3186&rep=rep1&type=pdf>.
40. Corrêa AGD, de Assis GA, do Nascimento M, de Deus Lopes R. Perceptions of clinical utility of an Augmented Reality musical software among health care professionals. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology [Internet]. 2017 [cited 2018 Jul 17];12(3):205-16. Available from: <http://doi.org/10.3109/17483107.2015.1089328>.
41. Boletsis C, McCallum S. Augmented reality cube game for cognitive training: an interaction study. Studies in health technology and informatics [Internet]. 2014 May [cited 2018 Jul 17];200:81-7. Available from: https://www.researchgate.net/publication/262729801_Augmented_Reality_Cube_Game_for_Cognitive_Training_An_Interaction_Study.
42. Boletsis C, McCallum S. Augmented reality cubes for cognitive gaming: preliminary usability and game experience testing. Int J Serious Games [Internet]. 2016 [cited 2018 Jul 17];3(1):3-18. Available from: http://www.researchgate.net/profile/Costas_Boletsis/publication/296686247_Augmented_Reality_Cubes_for_Cognitive_Gaming_Preliminary_Usability_and_Game_Experience_Testing/links/56d83c2308aee1aa5f7b30c5.pdf.