

Listas de contenidos disponibles en [ScienceDirect](#)

Informática de entretenimiento

página de inicio de la revista: ees.elsevier.com/entcom

Un videojuego para el cribado neuropsicológico de los niños



Marcos F. Rosetti ^{a, y}, Maria F. Gómez-Tello ^b, Gamaliel Victoria ^b Rogelio Apiquián ^c

^a Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 Mexico City, Mexico

^b Areté Proyectos y Administración, Mexico City, Mexico

^c Universidad de las Américas, Mexico City, Mexico

información del artículo

Historial del artículo:

Recibido el 6 de junio de 2016

Revisado el 24 de noviembre de 2016

Aceptado el 10 de febrero de 2017

Disponible en línea el 20 de febrero de 2017

Palabras clave:

Videojuegos

Cribado neuropsicológico

Evaluación cognitiva

resumen

La última década ha visto un fuerte aumento en la cantidad de juegos de computadora y consola utilizados con fines educativos y de investigación. El presente trabajo presenta un intento de trasladar algunas de las principales características de pruebas neuropsicológicas estandarizadas en un videojuego serio. La plataforma de juego Towi se inspira en pruebas como Backward Digit Span, Visual Search y Labyrinths, para crear un conjunto de tareas basado en actividades y circunstancias relacionadas. Los juegos de Towi giran en torno a eventos relacionados con un viaje, en el que el sujeto avanza resolviendo tareas que encajan en una narrativa, como preparar su equipaje o encontrar su camino al aeropuerto. Comparamos las métricas de desempeño producidas por pruebas neuropsicológicas estandarizadas con puntajes producidos por Towi entre una muestra de 75 niños, encontrando resultados significativos correlaciones para la mayoría de las comparaciones. Además, se encontró que las puntuaciones de Towi son sensibles a los efectos de edad, sexo y número de horas que los sujetos dedican a jugar videojuegos. Un análisis factorial agrupado Towi mide en cinco grupos reconocibles (planificación, atención sostenida, atención selectiva, autocontrol y memoria), lo que indica que la plataforma de juegos tiene potencial como herramienta de detección neuropsicológica.

! 2017 Elsevier BV Todos los derechos reservados.

1. Introducción

Los videojuegos se encuentran ahora entre los pasatiempos más populares en todo el mundo, con un estimado de 1.780 millones de usuarios [1] que gastan un promedio de 6,5 h por semana solo en los Estados Unidos. Una de las razones detrás de su gran popularidad, y una característica distintiva de video juegos, es el papel de la interacción y la elección [2,3]. Los jugadores son comprometidos con los entornos enriquecidos, inmersivos y versátiles, mientras que las situaciones desafiantes y los sistemas de recompensas bien afinados motivan al jugador a concentrarse en la solución de un problema, lograr una gran puntuación o dominio sobre otro jugador [4,5].

La creciente omnipresencia de los videojuegos, demostrada por la cantidad de tiempo dedicada a este pasatiempo, también ha llevado a los investigadores cuestionar sus efectos en los usuarios. Muchos estudios han destacado los efectos positivos del uso de videojuegos, como la mejora en la capacidad cognitiva, habilidades emocionales y sociales (ver [6,7] para revisiones sobre el tema), como así como mayores niveles de actividad física [8,9]. otros tienen remarcó los efectos negativos de la violencia en los videojuegos [10]. Sin embargo, los videojuegos son un medio versátil y se pueden adaptar para adaptarse a una amplia gama de usos. Varios esfuerzos han demostrado que es posible explotar algunos de los aspectos positivos de los videojuegos con fines educativos [11–14], rehabilitación de pacientes con

deficiencias cognitivas [15], ancianos [16] y muchos otros fines psicoterapéuticos [17].

Entre los usos menos explorados de los videojuegos se encuentra la aplicación de dispositivos de detección neuropsicológica. Los videojuegos pueden ser se utiliza para ampliar y mejorar el universo actual de pruebas neuropsicológicas, permitiendo la simulación de entornos y tareas familiar para los sujetos. Debido a que los juegos son interactivos por diseño, los sujetos pueden realizar tareas principalmente sin supervisión, con el juego mismo. proporcionando instrucciones de texto o de voz, presentando pruebas de entrenamiento y adaptando la dificultad para que coincida con el rendimiento del sujeto. Esta presentación automatizada puede acortar el tiempo que necesita una prueba para ser administrado y disminuye la carga de trabajo del neuropsicólogo. Otras ventajas potenciales de las pruebas con videojuegos son la generación automática de registros digitales e informes en línea, que podría estar inmediatamente disponible para padres, maestros o profesionales de la salud.

Durante las últimas décadas, varias ventajas de usar computadoras para Se han reconocido las pruebas estandarizadas y se han realizado intentos hecho para transferir herramientas neuropsicológicas a las computadoras en un esfuerzo para hacer que la administración y la calificación de las pruebas sean más eficientes. Los efectos de transferir las pruebas a las computadoras han sido ampliamente evaluados, siendo las principales preocupaciones sobre la validez las cuestiones relacionadas con los parámetros de administración, por ejemplo, cómo podrían verse afectadas las puntuaciones por presionar teclas versus llenar burbujas con un lápiz [18]. Otro Los problemas relacionados con las pruebas basadas en computadora son la adaptabilidad, o si es posible ajustar dinámicamente la dificultad basada

^y Autor de correspondencia.

Dirección de correo electrónico: mrosetti@gmail.com (MF Rosetti).

sobre respuestas anteriores. Finalmente, algunos estudios han demostrado que la experiencia de interactuar con una máquina, en lugar de con otro ser humano, puede tener un efecto sobre el rendimiento [19]. Sin embargo, la mayoría de estos casos comparan pruebas de computadora que se han hecho lo más similares posible a sus contrapartes de papel y lápiz. En términos generales, existe consenso en que las computadoras están afectando profundamente la forma en que se administran las baterías psicológicas [20].

Un paso más en el uso de computadoras para la evaluación psicológica fue el diseño de tareas que explotan sus capacidades multimedia para construir pruebas novedosas y visualmente ricas que contienen elementos de un juego. McPherson y Burns [21,22] fueron pioneros en el uso de videojuegos para la evaluación psicológica con Space Code, un juego en el que el usuario puede derribar naves espaciales enemigas desde la cabina de una nave espacial usando el teclado numérico, para evaluar la velocidad de procesamiento y la memoria de trabajo, de estudiantes universitarios. Esta tendencia ha continuado y se han desarrollado muchos videojuegos para evaluar las capacidades cognitivas de niños pequeños [23,24] y adultos [25]. Otros esfuerzos se han centrado en el uso de juegos para evaluar el deterioro cognitivo entre los ancianos [26], mientras que otros como Gamberini et al. [27] y Aalbers et al. [28] han desarrollado juegos diseñados para monitorear y preservar las funciones cognitivas deterioradas por el envejecimiento. La evaluación de los videojuegos también se ha adoptado rápidamente en entornos clínicos, donde se han utilizado para evaluar los perfiles cognitivos de los trastornos psiquiátricos. Heller et al. [29] utilizaron algoritmos de aprendizaje automático para clasificar los datos de rendimiento de sujetos y controles diagnosticados con TDAH utilizando el juego Groundskeeper y lo lograron con una precisión notable. Tamasas et al. [30] desarrollaron una plataforma de juegos y correlacionaron los resultados de rendimiento con biomarcadores de electroencefalografía para la detección precoz de la demencia. Finalmente, autores como Lee et al. [31] han intentado usar elementos de desafíos de palabras reales para crear videojuegos que evalúen procesos cognitivos en un contexto funcional. Supermarket Task utiliza la realidad virtual para evaluar y entrenar las capacidades cognitivas, y se ha utilizado para estudiar el rendimiento cognitivo de pacientes con epilepsia [32].

Crear un videojuego serio inspirado en tareas neuropsicológicas estandarizadas implica volver a imaginar cada tarea como un juego.

Si bien pone en tela de juicio cuestiones previamente exploradas en otros tipos de comparaciones, como el efecto de los dispositivos de entrada (ratón, teclado o pantallas táctiles) en el rendimiento, también plantea cuestiones relacionadas con la eficacia de un juego serio para proporcionar una correlación de un juego particular. procesos cognitivos implicados en la resolución de la tarea. En este estudio, analizamos el desempeño de una muestra de niños usando un videojuego llamado Towi. La motivación para crear y evaluar Towi fue proporcionar una batería neuropsicológica en forma de juego, con tareas integradas en un contexto funcional y familiar, así como diseñar una herramienta de evaluación amigable para los niños. Towi lleva el tema a través de una serie de pequeños juegos que se basaban en tareas individuales de algunas de las baterías neuropsicológicas más utilizadas. Para comparar el desempeño de los sujetos en la plataforma del videojuego y en las pruebas neuropsicológicas estándar, correlacionamos cada una de las métricas producidas por las tareas con una métrica equivalente producida por el juego. Probamos sujetos en un amplio rango de edad para evaluar el efecto de la edad en el rendimiento y evaluar si Towi era sensible a los cambios cognitivos que ocurrían durante este período. También evaluamos las diferencias de sexo, así como la cantidad de tiempo que los sujetos dedican, en general, a jugar videojuegos. Finalmente, usamos un análisis factorial para agrupar las métricas de desempeño en el perfil de selección.

2. Materiales y métodos

2.1. Asignaturas

Se evaluó una muestra de escolares de 6 a 13 años de escuelas primarias de la Ciudad de México (n = 75, edad media 8.5 ± 1.5,

51% hombres), un rango que abarca las edades para las que fue diseñado el juego.

Con el fin de reclutar sujetos, se ofreció a los padres de los alumnos una serie de charlas sobre los objetivos de Towi y el uso de software informático para el cribado neuropsicológico. Le pedimos a la escuela que invite a los padres a las charlas, que se realizan después de la escuela, en el momento en que vienen a recoger a sus hijos. Ofrecimos un total de 4 charlas de 30 min cada una, con una participación total de 140 padres.

Cada charla presentó una versión resumida del objetivo del estudio y una breve descripción de los objetivos del uso de videojuegos como métodos de detección. Al final de cada charla, les explicamos que si querían que sus hijos participaran, la psicóloga de la escuela enviaría una carta de consentimiento a casa para luego devolverla a la psicóloga. Nuestra muestra contiene aquellos niños cuyos padres asistieron a las charlas y firmaron los formularios de consentimiento informado para sus hijos.

Todos los procedimientos de prueba siguieron los preceptos de la Declaración de Helsinki. Ninguno de los niños que decidieron participar fue excluido. Los sujetos informaron la cantidad de horas diarias que pasaban jugando videojuegos y su plataforma preferida.

2.2. Procedimiento

La evaluación de un solo sujeto se realizó durante un solo día. El tiempo total de prueba fue entre 1,5 y 2 h (20-40 min para Towi, 60-90 para pruebas estandarizadas). El sujeto tuvo descansos de 15 a 20 minutos entre cada prueba. Un equipo de 5 pasantes de psicología realizó la evaluación. Cada pasante evaluó de uno a tres niños en un solo día y solo dos días a la semana. Todos los internos recibieron capacitación y los investigadores principales verificaron la coherencia de sus evaluaciones. La mitad de los sujetos jugaron primero al videojuego Towi y luego fueron evaluados con la prueba neuropsicológica estandarizada, mientras que la otra mitad primero fue evaluada y luego procedió a jugar al videojuego Towi.

2.3. material de prueba

Utilizamos las siguientes pruebas y tareas:

- NEUROPSI Atención y Memoria (NPSI). El NPSI es una batería de pruebas que se utiliza para evaluar varios dominios cognitivos, como la orientación, la atención y la concentración, las funciones ejecutivas y la memoria [33]. El NPSI utiliza subpruebas que se asemejan a las que se usan comúnmente en la neurociencia cognitiva y la evaluación neuropsicológica, como la lista de palabras, la extensión de dígitos hacia adelante y hacia atrás, la búsqueda visual, el Stroop, la fluidez verbal y la memoria lógica. Esta batería está estandarizada para hispanohablantes y los datos normativos están disponibles para la población mexicana para el rango de edad de 6 a 85 años.

El tiempo de administración es de unos 60 min.

- Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales (BANFE). El BANFE es una batería de 15 tareas que se utilizan para evaluar la función ejecutiva mediada por el lóbulo frontal [34]. En el presente trabajo solo aplicamos el subtest de Laberintos del BANFE, el cual presenta una serie de cinco laberintos impresos en papel que el sujeto resuelve utilizando un lápiz. Se registró el tiempo necesario para completar cada laberinto, el número de veces que el camino trazado por el sujeto toca los bordes del laberinto o entra en un callejón sin salida. Los datos normativos están disponibles para la población mexicana en el rango de 6 a 80 años.

- Towi Towi es una plataforma de juegos (desarrollada por PixFrame Studios, Ciudad de México, México) basada en pruebas estandarizadas (ver sección Diseño a continuación) con el fin de proporcionar un perfil neuropsicológico del sujeto. Towi se juega usando una computadora portátil.

2.4. Diseño

Al comenzar el juego, al sujeto se le presenta la idea de yendo de viaje a una isla llamada Towi, llevándolos a través de una serie de tareas con este tema común. Towi se compone de siete juegos separados: Pase de abordar, Empacar, Conducir al aeropuerto, Esperar. Habitación, Volar el Avión, Recoger Monedas y Desempacar. con el inicio de cada tarea, las instrucciones se presentan como texto en la pantalla y como comandos de voz. Las medidas de desempeño producidas por cada juego de Towi estaba destinado a parecerse tanto como fuera posible los de las pruebas estandarizadas en las que se basaron. Un resumen del contenido de cada tarea, las métricas de rendimiento que produce y la subprueba NPSI o BANFE en la que se basa se puede encontrar en la [Tabla 1](#).

En la tarea Tarjeta de embarque, el juego Towi comienza mostrando un pantalla de inicio de sesión al sujeto al sujeto. En esta tarea, el sujeto se le pide que complete la tarjeta de embarque con su nombre, edad, país de residencia, fecha de nacimiento y fecha actual ([Fig. 1a](#)). el embarque Aprobar se basa en el NPSI: prueba de orientación, que proporciona una medida bruta de qué tan consciente está el sujeto con respecto a la información básica. (por ejemplo, nombre, lugar de residencia y fecha actual).

El juego pasa a una pantalla que muestra la habitación de un niño donde avatar animal presenta la tarea de embalaje, en la que el jugador debe empacar su equipaje para un viaje. Un tutorial muestra que para empacar una maleta, se debe seleccionar un objeto con el mouse y luego deben hacer clic en la maleta para empacarla ([Fig. 1b](#)). Estímulos fueron presentados verbalmente y en la pantalla por escrito. Sólo cuando el tutorial se realizó correctamente, comenzará la tarea real. los Luego se le presenta al jugador una secuencia de tres objetos para ser ubicados y embalados en el mismo orden en que fueron presentados. Si éxito, el número de objetos aumentará en uno hasta que el el sujeto falla dos veces en la misma secuencia. Posteriormente, la pantalla rotará a una parte diferente de la habitación, cuando el sujeto sea entonces se le pide que empaque una lista de artículos en orden inverso. La lista de empaque se presenta al sujeto tres veces. La longitud de las secuencias, a partir de dos, aumentará después de cada ensayo. La prueba termina cuando el sujeto no recuerda los elementos dos veces seguidas.

La tarea de Empaque fue diseñada en base al NPSI: Adelante y Pruebas Backward Digits Span, donde a los sujetos se les presentan secuencias de enteros positivos y debe repetirlos hasta el experimentador en el mismo orden o en orden inverso. Esta tarea está diseñada para medir la capacidad de atención, en el caso de que los elementos se recuerden en orden directo y memoria de trabajo, cuando los artículos tienen que ser recordado en orden inverso. Tanto en Empaque como en NPSI: Intervalo de dígitos, la longitud máxima de elementos recordados por el sujeto es registrado. Después de que el sujeto haya terminado de empacar, se le pide que recordar una lista de tres artículos para desempacar al llegar a la isla al comienzo de la tarea de desembalaje (ver más abajo).

La siguiente tarea, Conducir al aeropuerto, consiste en usar el ratón para arrastrar el coche que llevará al sujeto al aeropuerto a través de un laberinto, sin chocar con los bordes ni atravesar zonas de hierba ([Fig. 1c](#)).

La tarea evalúa un total de tres laberintos. A medida que el automóvil se mueve, se deja una huella visible sobre el camino. Además, se proporciona información visual. cuando el automóvil golpea una frontera, pero el automóvil no está bloqueado físicamente de cruzar. La tarea Drive to the Airport fue diseñada para resolverse de forma muy similar al BANFE: Test de Laberintos, que se utiliza para evaluar la planificación. Mientras que la versión Towi incluye un objetivo funcional, la prueba BANFE solo presenta el objetivo abstracto de resolver el laberinto. En ambos, el sujeto puede elegir moverse alrededor de las áreas designadas o para cruzar las paredes del laberinto para llegar a la meta Ambas pruebas producen medidas similares: el número de callejones sin salida, pasos fronterizos y tiempo total. Conducir al aeropuerto añade un par de medidas: la latencia para arrancar, es decir, el momento cuando el sujeto decide empezar a mover el coche, así como el número de veces que el coche golpea los bordes.

La tarea de Sala de Espera comienza cuando el sujeto llega a la aeropuerto. Los vuelos se anuncian a través del altavoz siempre usando dos letras y dos números ([Fig. 1d](#)). El sujeto debe hacer clic en el ratón cada vez que se anuncie un vuelo que comience con "KW". Un solo tutorial de prueba es seguido por una lista de vuelos, que incluye diez estímulos objetivo. La tarea tiene una duración fija de dos minutos y 15 segundos La tarea Sala de espera funciona de manera muy similar a el NPSI: Detección de dígitos, una prueba diseñada para evaluar atención, en el que el experimentador lee una lista de números y el sujeto tiene que tocar la mesa cada vez que un número en particular es mencionado. El número de veces que el sujeto toca correctamente, toca en una señal incorrecta, o se pierde un toque en la señal correcta. Del mismo modo, el número de veces que el sujeto hace clic en un mensaje correcto, incorrecto o no hace clic cuando aparece un vuelo "KW" en la pantalla se cuenta

En Fly the Plane, el sujeto se coloca en la cabina del avión. donde aparecen flechas de diferentes colores y direcciones en el centro de la pantalla ([Fig. 1e](#)). El sujeto debe presionar las flechas en el teclado con la misma dirección que la de la pantalla mientras ignorando las flechas verdes. Esta es una prueba de Stroop, un tipo de Go-No-Go tarea. En la prueba NPSI: Stroop, se pidió a los sujetos que gritaran nombres de colores impresos (rojo, verde, azul y marrón) cuando la impresión la tinta era de un color diferente al nombre de la palabra coloreada. La prueba de Stroop se ha utilizado tradicionalmente para medir la inhibición controlar [35]. Tanto en Fly the Plane como en NPSI: Stroop, el número Se registran los eventos correctos y el tiempo total empleado. Debido a que el estímulo aparece automáticamente en Towi, el número de eventos perdidos es también registrado.

En la tarea Recoger monedas se le dice al sujeto que debido a las turbulencias en el avión, un frasco que transportaba monedas cayó al piso. Las monedas se muestran planas, mostrando un patrón particular en uno de sus lados y dispuestos en una rejilla ([Fig. 1f](#)). Se instruye al sujeto para que haga clic en todas las monedas cuyas caras coincidan con el patrón de destino. El sujeto puede optar por finalizar la tarea cuando él o ella lo decida. que se han recogido todas las monedas correctas haciendo clic en un botón en la parte inferior de la pantalla. Las monedas se eliminan de la cuadrícula. a medida que son recogidos. La tarea Recoger monedas fue diseñada para ser

tabla 1

Descripción de las tareas de Towi, las principales métricas registradas y la prueba estandarizada en la que se basa. En el texto se puede encontrar una descripción detallada de cada prueba y medida.

Tarea	Métricas de rendimiento	Residencia en	Habilidad cognitiva medida
Tarjeta de embarque	Ninguno, pero los registros son confirmados por el experimentador	NPSI: Orientación	Orientación
Embalaje	Serie exitosa más larga en orden directo e inverso	NPSI: adelante y atrás	Capacidad de atención y trabajo
Conducir al aeropuerto	Tiempo de finalización, latencia para comenzar, número de aciertos, cruces y callejones sin salida	Intervalo de dígitos	Memoria
Sala de espera	Estímulos correctos, incorrectos y perdidos	Laberintos (BANFE)	Planificación
volar el avión	Estímulos correctos, incorrectos, perdidos y tiempo total	NPSI: detección de dígitos	Atención sostenida
recoger monedas	Estímulos correctos, incorrectos, perdidos y tiempo total	NPSI: Stroop	Control inhibitorio
Desembalaje (primero objeto)	Número de objetos recordados correctamente	NPSI: detección visual	Atención selectiva
Desembalaje	Número de ítems correctos, intrusiones, perseveraciones, agrupaciones semánticas, y precisión espacial	NPSI: recuperación de memoria	Memoria de corto plazo
		NPSI: Lista de palabras	Memoria de corto plazo

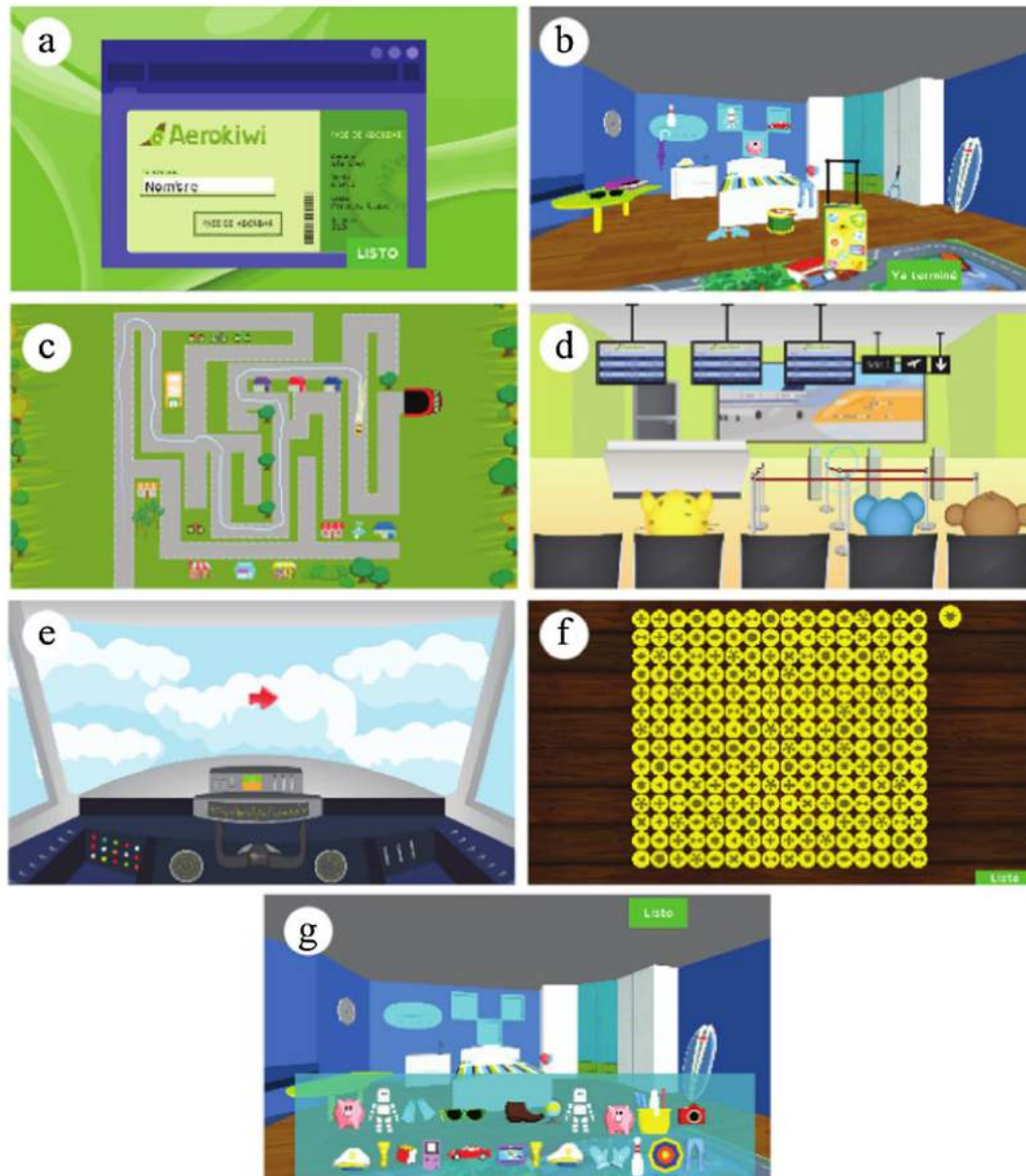


Fig. 1. Capturas de pantalla de la tarea TOWI. (a) Pase de abordar, (b) Empacar, (c) Conducir al aeropuerto, (d) Sala de espera, (e) Volar el avión, (f) Recoger monedas, (g) Desempacar. (Para interpretación de las referencias al color en la leyenda de esta figura, se remite al lector a la versión web de este artículo).

similar al NPSI: Prueba de Detección Visual, que mide selectivamente atención, donde el sujeto escanea una cuadrícula de objetos, tachando aquellos que coinciden con un patrón objetivo entre los distractores (elementos que difieren ligeramente del objetivo). En ambas pruebas, el número de elementos recopilados correcta e incorrectamente, así como los elementos perdidos (aquellos con el patrón objetivo que quedaron sin seleccionar por el sujeto) se registran durante el primer minuto de la tarea.

El sujeto llega a la isla Towi y se le presenta una habitación como el de la tarea de Embalaje. Para la tarea de desembalaje, el sujeto se le pide que recuerde los tres elementos mencionados al final del Paquete tarea de ing Aparece una matriz de los elementos posibles y el sujeto tiene elegir aquellos que coincidan con los artículos retirados, en ningún caso ordenar. Esta tarea se basa en el NPSI: prueba de recuperación, donde algunos Se leen palabras a los sujetos y 20 minutos después se les pide que recuerden ellos en voz alta. En ambos casos, se registra el número correcto de palabras recordadas.

Posteriormente, los objetos desempacutados deben colocarse alrededor del habitación (Fig. 1g). Se le pide al sujeto que mire cuidadosamente doce

artículos en la habitación. Los elementos se resaltan mediante un breve crecimiento en tamaño. Una vez resaltados todos los elementos, se borran del cuarto. Al sujeto se le presenta la matriz de todos los elementos previamente mostrados mezclados con distractores (elementos que no estaban originalmente en la habitación o elementos duplicados) y se le indica que elegir los artículos correctos (los que estaban previamente en la habitación) de la matriz y colóquelos en la parte de la habitación donde estaban antes. Esta parte de la tarea de desembalaje está diseñada para coincidir la prueba NPSI: Lista de palabras, donde el experimentador lee una larga lista de palabras y se pide al sujeto que las recuerde de una determinada categoría (por ejemplo, frutas o animales). En ambos casos, se registra el número de objetos correctos recuperados. Cuando los sujetos introducen nuevas palabras, o elegir artículos de la habitación que no estaban en la lista, estos son registrados como intrusiones, al enumerar la misma palabra más de una vez o elegir un artículo en la habitación repetidamente se registra como una perseverancia. En la tarea Desembalaje, la precisión espacial (distancia entre donde se colocó el objeto y donde realmente estaba localizado) también se cuantifica.

2.5. Análisis

El análisis estadístico se realizó utilizando el software estadístico R [36]. Dado que muchos de los resultados producidos por las métricas de Towi no tiene una distribución normal y no hay datos normativos disponibles, utilizamos la mediana y los rangos intercuartílicos (C11 – C13) como descriptivos estadísticos para presentar métricas de rendimiento. Comparamos las puntuaciones de rendimiento sin procesar para cada tarea TOWI con las producidas por el tareas neuropsicológicas correspondientes en las que se basaron utilizando rho de Spearman y corregido para comparaciones múltiples usando Corrección de Holm (rs). Dado el amplio rango de edad de los sujetos que participaron en el estudio, nos propusimos comprender la relación entre la edad y el rendimiento. Calculamos la correlación valores entre las puntuaciones de rendimiento y la edad (rabia) y utilizó un Prueba de Kruskal-Wallis, seguida de comparaciones múltiples [37], para comparar el rendimiento entre grupos de edad (6–7, 8–10 y 10–13 años). También calculamos la correlación entre las puntuaciones de rendimiento y el número de horas de juego diarias (rtime). Nosotros comparó el desempeño de niños y niñas usando un Wilcoxon Rank Suma y una correlación biserial de rango para evaluar los tamaños del efecto en datos no paramétricos [38]. Finalmente, para identificar la estructura factorial de las métricas de rendimiento de Towi, realizamos un análisis exploratorio análisis factorial usando la función fa del paquete psych [39] utilizando el método del factor del eje principal.

3. Resultados

3.1. Desempeño de los sujetos

Todos los sujetos terminaron con éxito la serie de juegos Towi dentro de un intervalo de tiempo razonable (16-37 min, mediana 22 min). Las estadísticas descriptivas no mostraron efectos techo o piso para ninguno de los las métricas Encontramos correlaciones significativas entre la edad y las puntuaciones de rendimiento de casi todas las tareas, con la excepción de las tareas Conducir al Aeropuerto y Volar el Avión (Tabla 2). Cuando Al comparar los grupos de edad, se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos de edad más jóvenes (6–8 y 8–10) y los más jóvenes y los grupos de mayor edad (6–8 y 10–13) excepto en el Drive to the Tareas de Aeropuerto y Volar el Avión (Tabla 3).

En cuanto al sexo (Tabla 3), encontramos diferencias entre las puntuaciones de rendimiento de chicos y chicas en la tarea Reverse Packing (W = 496), y la tarea Conducir al aeropuerto, donde los niños completaron la tarea más rápido (niños: 57,7 s, niñas: 80,7 s, W = 870, p = 0,03) y comenzó antes que las niñas (niños: 5,4 s vs. niñas: 7,4 s, W = 848, p = 0,05). Si bien todos los niños informaron que jugaban videojuegos, solo el 80 por ciento de las niñas informaron que lo hacían. Además, los niños jugaban durante períodos más largos de tiempo (niños: 2,5 h vs. niñas: 2 h). Encontramos correlaciones entre la número de horas de juego y las métricas de rendimiento en las tareas de Recoger Monedas y Desempacar (Tabla 2). No hubo efectos encontradas en cuanto al orden en que se administraron las pruebas.

Encontramos correlaciones significativas a altamente significativas entre las puntuaciones de las pruebas estandarizadas en 7 de 9 juegos de Towi. En particular, encontramos correlaciones entre las métricas de Empaque (progresivo) y NSPI: Rango de dígitos (Lapso de avance), Conducir al aeropuerto y BANFE: Laberintos (tiempo y cruces), Sala de Espera y NSPI: Tarea de Detección de Dígitos, Recoger Monedas y NSPI: Tareas de Detección Visual, Desembalaje y NSPI: Memoria Verbal (Tabla 2).

3.2. Análisis factorial

Dado que no se encontró correlación para las métricas de Fly the Plano de tarea, estos no fueron utilizados en el análisis factorial. Con el métricas restantes, el análisis factorial arrojó una lista de valores propios que indicó cinco factores que explican el 16%, 14%, 13%, 8% y 6% de la varianza, respectivamente (Cuadro 4). Todos los factores incluyeron métricas que muestre una carga factorial primaria de 0,4 o superior para al menos una de los factores El valor de 0,4 representa un punto de corte arbitrario que convencionalmente se considera un componente principal [40].

Usamos etiquetas de factores para describir la estructura subyacente del datos. El primer factor agrupa las variables del Camino al Aeropuerto tarea, que tradicionalmente se ha asociado con el funcionamiento ejecutivo, en particular la planificación y la regulación. el segundo factor variables agrupadas de la tarea Sala de Espera, asociadas a atención sostenida. El tercer factor, agrupó las métricas de la Tarea Recoger monedas, una tarea de cancelación destinada a explorar selectivamente habilidades de atención. Dado que la puntuación correcta mostró una correlación negativa, el factor sugiere un déficit de atención. El cuarto factor agrupó la latencia y el tiempo desde Drive hasta el aeropuerto, así como

Tabla 2

Estadísticas descriptivas del rendimiento en cada juego de Towi así como valores de correlación entre las métricas de rendimiento de Towi y las pruebas estandarizadas (rs), edad (rage) y número de horas jugadas diarias (rtime). Consulte el texto para obtener una descripción de las pruebas estadísticas.

Tarea Towi	Puntuaciones	Mediana (RIC)	rabia	tiempo	tarea estandarizada	Puntuaciones	Mediana (RIC)	rs			
Embalaje	Empaquetadura progresiva 4 (2)		0,34y	0,01	NPSI: Intervalo de dígitos	Rango de avance de dígitos 5 (4–5)		0,35y			
	Embalaje inverso 4 (2)		0,32y	0,12		Intervalo de dígitos hacia atrás 3 (3–4)		0,22			
Conducir al aeropuerto	Tiempo (s)	62,4 (44–101)	0,22, 2,8 (1,6–	0,13	BANFE: Laberintos	Tiempo (s)	48 (34–66)	0,42yy			
	Callejones sin salida	4,3) 0,17 8,7 (5,7–12,6)	0,05z, 5–	0,12		Callejones sin salida	(0–6) 4 (1–5)	0,19			
	cruces	11) 0,21 20 (15–30)	0,14	0,1 0,11		cruces		0,4y			
	Latencia (s)										
Sala de espera	Golpes			0,1							
	Correcto	9 (5–11)	6	0,26 !	0	NSPI: Detección de dígitos	Correcto	8 (6–9)	1	0,38yy	
	Incorrecto	(2–17)	2 (0–	0,49yyy	0,12 0,22 0		Incorrecto	(0–2)		0,04	
Omitido	6)										
volar el avión	Correcto	6 (2–11)	4	0,26y !	0,07 !	NPSI: Prueba de Stroop	Correcto	33 (31–35)		0,13	
	Incorrecto	(2–6)	9 (6–	0,27y !	0,25						
	Omitido	14) 46 (40–		0,22 0,05	0,05						
	Tiempo	61)			0,12		Tiempo	57 (47–81)		0,04	
recoger monedas	Correcto	9 (6–11)	1	0,54yyy	0,53yyy	0,45yy	NPSI: Detección visual correcta	Correcto	11 (9–14)	0	0,49yyy
	Incorrecto	(0–8)	15	0,42yyy	0,54yyy	0,53yyy		Incorrecto	(0–0)	8 (4–	0,09
	Omitido	(13–18)	116					Omitido	10) 100 (75–		0,43yy
	Tiempo	(94–149)	0,15		0,08	Tiempo		130) 0,35y			
Desembalaje (primer objeto) Correcto		2 (1–3)	4	0,32y	0,52yyy !	NPSI: Lista de palabras	Correcto (recuerdo libre) 7 (5–8)		0,29y		
	intrusiones	(2–7)		0,33y	0,11		Intrusiones (recuperación libre) 0 (0–1)		0,13		
Desembalaje	Correcto	7 (6–8,8)		0,58yyy	0,42yyy	Correcto	6 (5–8)		0,04		

Nota: ***p < 0,001, **p < 0,01, p < 0,05.

Tabla 3
Comparación entre las métricas de rendimiento de hombres y mujeres. Las cursivas indican diferencias estadísticamente significativas. Consulte el texto para obtener una descripción de las pruebas estadísticas.

		por sexo			Por grupo de edad					
		Niños	Muchachas		6–8 años	8–10 años	10–13 años	6–8 frente a 8–10	6–8 frente a 10–13	8–10 frente a 10–13
		(n = 38)	(n = 37)		(n = 16)	(n = 31)	(n = 28)	(Crítico. z = 13,24) R2 ! R3	(Crítico. z = 16,36) R1 ! R2	(Crítico. z = 16,63) R1 ! R3
		Med (IQR)	Med (IQR)	W p ranksex Med (IQR)	Med (IQR)	Med (IQR)	Med (IQR)			
Embalaje	Progresivo	4 (2)	4.5 (3)	587 0,37 0,11	5 (1,7)	4 (2)	5 (2)	15.12y	10.22	4.89
	Embalaje inverso	3 (2)	4 (1)	496.5 0.05 0.25y 3 (2)		3 (1,5)	4 (0,25)	22.24y	6.31	15.93
Conducir a	Tiempo (s)	80.7	57.65	869.5 0.03 0.31y 61.65		80.7	61.15	4.02	9.86	5.84
	Aeropuerto	(76.7)	(41.38)		(23.38)	(84.9)	(53.35)			
	Callejones sin salida	3,7 (3,1)	2,65 (2,18)	783 0,2 0,18 2,45 (2,28) 3,3 (2,9) 2,75 (2,58)	4,58 10,3 (6,6)	7,35 (5,45)	820,5 0,09 0,24 7,15 (7,58)		9,42	4,84
	cruces	10 (6,8 3,75)	10 (6,8 3,75)						11,67	3,38
	Latencia (s)		5,38 (6,11)	848 0,04 0,28y 5,15 (3,17) 7,36			6,63 (7,35) 3,78 (7,61)		13,46	9,68
	Golpes	24.7	17.15	822,5 0,09 0,24	21,8 (18,33) 23,7		18,5 (14,68) 7,54		5,61	1,93
		(14.1)	(13.18)		(11.3)					
Sala de espera correcta	Correcta	8 (5)	10 (6,25) 4	593,5 0,42 0,10 10 (8) 6 (5,5) 10 (3,25) 16,27y 784,5 0,19 0,18 1,5 (3,75) 10 (15,5) 5,5					8,43	7,84
	Incorrecto	7 (14)	(10) 1 (6)	(11,25) 9,35 749,5 0,35 0,13 1 (8) 5 (2,89)					27,72y	18,38y
	Omitido	3 (5)					1 (4)		8,02	4,88
Vuela el avión correctamente	Correcto	5 (9) 8 (6,25)	661,5 0,96 0,00 4 (5) 4 (4) 661,5 0,96 0,00		10,5 (6,5) 5 (8) 5,5 (6) 3 (3,5) 6 (4,5) 3,5		3,29		16,89	13,61
	Incorrecto	10 (7) 8 (8,25)	1733,0 2,40, 17 47 (18) 43,5 (27,25) 754,5		(4) 6,5 (3,75) 10 (5,6) (2,49, 4) 6,25 (3,4,5)		12,9		14,74	1,84
	Omitido						3,09		13,66	10,57
	Tiempo						11,41		0,47	10,95
Recoger monedas correctas	Correctas	9 (5) 8,5 (6)	645 0,82 0,03 11 (4) 7 (3) 9 (6,5) 1 (9) 1 (5,75) 712 0,6 0,07 0 (1) 5 (11,5) 0 (8) 15 (5) 15,5					14,37y	24,32y	9,95
	Incorrecto	(6) 687 0,82 0,04 13 (4) 17 (3) 15 (6,5) 123 (52) 110 (53,5) 811 0,11 0,22 107 (59,5) 123					13,68y	19,31y	5,63	
	Omitido						14,37y	24,32y	9,95	
	Tiempo						113,5	6,83	6,69	0,14
					(43,5)	(41,25)				
Desembalaje	Correcto (primero Objeto)	2 (2)	2 (1)	549 0,24 0,17	3 (0,75)	1.5 (1)	2 (1)	19.49y	27.36y	7.88
	intrusiones	4 (4)	4,5 (6) 608,5 0,53 0,08 7,15 (2,55) 675,5		6 (5,75)	3 (6) 4 (4) 6,8 (1,65)		0,68	1,91	1,23
	Correcto	6,8 (3)	0,92 0,02		8,8 (2,83)	6,5 (2,25)		0,9	16,29	15,39

Nota: ***p < 0,001, **p < 0,01, * p<0,05.

Tabla 4
Análisis factorial exploratorio. Métricas de Towi y su carga en cada uno de los cinco factores.

Análisis factorial de las métricas de Towi				
Factor I:	factor II:	Factor III:	factor IV:	Factor V:
Planificación (16% de Variación)	Atención Sostenida (14% de Variación)	Atención Selectiva (13% de Varianza)	Autocontrol y velocidad de procesamiento (8 % de variación)	Memoria (6% de Variación)
Conducir al aeropuerto:	Embalaje:	Recoge monedas:	Conducir al aeropuerto:	Embalaje:
Callejones sin salida (0.93)	Progresivo (0.31)	Correcto (0.99)	Latencia (0.65)	Progresivo (0.39)
Golpes (0.96)	Inversa (0.36)	Perdido (0.99)	Tiempo (0.73)	Inversa (0.35)
Cruces (0.99)		Tiempo (0.3)		
	Sala de espera:		Recoge monedas:	Sala de espera:
	Correcto (0.99)		Tiempo (0.4)	Incorrecto (0.54)
	Incorrecto (0.95)			
	Desembalaje		Desembalaje:	Recoge monedas:
	Correcto (0.29)		Correcto (0.27)	Tiempo (0.3)
				Desembalaje:
				Primer Objeto (0.38)
				Correcto (0.28)

como el tiempo que se tarda en recoger las monedas en Recoger Monedas, marcando un relación con la velocidad de procesamiento. El quinto factor agrupó variables de las tareas de Empacar y Desempacar, que son indicativas de habilidades mnemotécnicas.

4. Discusión

4.1. Rendimiento general

En general, el rango de puntuaciones de las tareas de Towi sugiere que la mayoría de los sujetos entendieron los objetivos de cada una de las tareas y podría terminar con éxito el juego dentro de un rango de tiempo razonable.

Todos los sujetos terminaron la tarea y percibimos que los sujetos disfrutó de los aspectos visuales del juego.

Un primer hallazgo se relaciona con la correlación del desempeño de Towi puntuaciones y edad. El rango de edad de los sujetos en este estudio (6- hasta los 13 años) abarca un período importante de desarrollo cognitivo y desarrollo motor que incluye procesos como la sinaptogénesis, la poda, la mielinización y el adelgazamiento cortical [41]. es durante esta etapa de desarrollo que los procesos cognitivos, como la regulación de la atención, la inhibición y el control de errores son significativamente reforzado y afinado [42]. Durante este período también hay un mejora en el control motor fino, que ayuda a regular la interacción con el entorno [43]. Es también durante este período que

los niños comienzan a usar computadoras para tareas escolares y entretenimiento o Internet [44]. Así, la maduración en los aspectos cognitivo y las habilidades motoras, así como la experiencia resultante del uso prolongado de la computadora, pueden ser responsables de la correlación entre Towi puntuaciones y edad. Los juegos de Towi parecen ser los más discriminatorios. con respecto a las puntuaciones del grupo más joven (6-8) y el otros dos (8-10 y 10-13), y no se encontraron diferencias significativas encontrado entre estos últimos (8-10 y 10-13). Estos resultados sugieren que a pesar de que Towi fue diseñado con niños de esta edad gama en mente, la narrativa y el tipo de juegos que incluye puede que solo sea adecuado para aquellos en el rango de edad más joven.

Otro hallazgo fue una diferencia significativa en el rendimiento de niños y niñas sobre el tiempo y la latencia del Camino al Aeropuerto tarea, así como en el embalaje inverso. Una interpretación de esta diferencia es que los niños están más familiarizados con los juegos de computadora y por lo tanto mejor en ellos. Entre nuestros participantes, un porcentaje mayor de los niños juegan y juegan por más tiempo. Sin embargo, las diferencias de sexo se dieron principalmente en Drive to the Airport, una tarea que depende en gran medida en habilidades espaciales. Un gran número de investigadores [45–47] han abordó el tema de las diferencias de sexo y las habilidades espaciales, incluso desde edades tempranas [48]. No obstante, nos pareció alentador que el Los juegos de Towi demostraron ser lo suficientemente sensibles como para captar aspectos del comportamiento, tales como aspectos del desempeño relacionados con el sexo y edad. Es importante considerar que, como muchos otros lápices y tareas en papel, estos hallazgos sugieren la necesidad de datos normativos teniendo en cuenta la edad y el sexo.

4.2. Comparación entre Towi y pruebas estandarizadas

En cuanto a la comparación entre las tareas de Towi y las pruebas estandarizadas en las que se basaron las tareas, encontramos un gran número de correlaciones significativas. Similitudes entre la mediana y el rango de los datos de la tarea Empaquetado y NPSI: Intervalo de dígitos podrían indicar un requisito equivalente de intervalo de atención en ambas tareas. Entre las diferencias de implementación, podemos mencionar que en la tarea NPSI: Dígitos Span, los estímulos son numéricos y se presentan auditivamente, mientras que los estímulos en el juego de embalaje no son abstractos (es decir, navegar tabla o raqueta de tenis) y se presentan visualmente. Asimismo, resolviendo el El juego de embalaje requiere movimientos del mouse y una atención más prolongada. demanda de amplitud ya que el sujeto necesita escanear la habitación para ubicar el artículo, haz clic para recogerlo y vuelve a hacer clic en la maleta para guardar eso.

Correlaciones significativas entre la tarea Drive to the Airport y el BANFE: Laberintos sugieren una buena transferencia. Nosotros también observó una mayor frecuencia de cruces en el juego Towi, que podría reflejar una mayor necesidad de coordinación motora cuando se usa un mouse o trackpad sobre un lápiz [20].

Además de las correlaciones significativas encontradas en Sala de Espera y el NPSI: Detección de dígitos, observamos un número claramente grande cantidad de respuestas incorrectas. Esta tarea tiene un límite de tiempo establecido y un número de estímulos que el sujeto debe reconocer. Algunos sujetos parecían moverse nerviosamente sobre el pad y comenzaron a hacer clic cuando no había nadie. estaban presentes los estímulos objetivo. Es importante mencionar que Debido a que la tarea mide la atención sostenida, era importante no mostrar comentarios negativos por una elección incorrecta. Sin embargo, sugerimos que para evitar una sobre respuesta de un sensible instrumento (como el panel táctil), las opciones deben indicarse en un manera más notoria. En la versión NPSI de la tarea, el sujeto debe aplaudir o tocar la mesa. Asignación de un único El botón y proporcionar una retroalimentación visual más grande podría usarse como un manera cognitivamente más exigente para proporcionar una respuesta.

No se observaron correlaciones al comparar los resultados de la tarea Fly the Plane y la tarea NPSI: Stroop. A pesar de intentar medir la misma función cognitiva, estas dos tareas fueron no directamente comparables. Volar el avión es una tarea Go-No-Go, mientras que NPSI: Stroop requiere un mayor control inhibitorio debido a la interferencia

segmento de encaje de la tarea. En este segmento, el sujeto necesita inhibir la respuesta preponderante (lectura) y cambiar a la alternativa (nombrar colores). Este tipo de inhibición no es necesaria. para Fly the Plane, ya que no hay efecto de interferencia entre el dirección de las flechas y su color. Además, observamos un aumento de la demanda debido a la necesidad de recordar la ubicación de teclas de flecha en el teclado, desviando la atención del sujeto del propósito de la tarea. En futuras versiones del juego, este la tarea se reconstruirá para incluir interferencia, por ejemplo, al combinar la dirección de la flecha y la ubicación en la pantalla (es decir, una flecha apuntando hacia la derecha en el lado izquierdo de la pantalla).

Encontramos correlaciones entre las principales puntuaciones del Pick Up Juego de monedas y el NPSI: Tarea de detección visual, tiempo similar y respuestas correctas. Sin embargo, no se encontró correlación para la número de monedas recogidas incorrectamente, que fue considerablemente mayor para algunos sujetos en la tarea del videojuego. Una diferencia en el implementación de esta tarea es que a medida que se recogían las monedas, fueron eliminados de la red. Esto puede interferir con una sistemática escanear (por ejemplo, examinar cada elemento de izquierda a derecha) y, a su vez, producir un mayor número medio de errores (seleccionando elementos que son diferentes del valor objetivo), valores perdidos (sin seleccionar elementos objetivo) y tiempos de búsqueda mayores.

Finalmente, una correlación entre el número de items que fueron recordado correctamente en el Desembalaje y el NPSI: Memoria Verbal tareas se observó, mientras que no se encontró correlación para el resto de las métricas. Además, detectamos un mayor número de intrusiones en la versión del juego de ordenador. Esto podría estar relacionado con lo visual. estímulos presentes en la habitación, que pueden promover más frecuentes intrusiones resultantes de la elección de elementos atractivos o semánticamente coherentes.

Como se mencionó anteriormente, las métricas de Towi podrían agruparse en cinco factores distintos. Estos factores coinciden con los dominios de las pruebas neuropsicológicas estandarizadas utilizadas para comparar Towi, como previsto en el diseño del juego. Esto sugiere que, potencialmente, Towi tiene la complejidad suficiente para proporcionar una amplia evaluación del funcionamiento cognitivo. Los datos normalizados podrían ayudar a que estas agrupaciones sean más notorias y establecer la base para brindar información concisa. puntajes e informes para cada prueba.

4.3. Uso de juegos para el cribado neuropsicológico

Dado que encontramos correlaciones significativas entre Towi juegos y pruebas estandarizadas, así como agrupaciones de factores consistentes entre las tareas de Towi, podríamos decir que el esfuerzo actual proporciona un primer paso firme en el establecimiento de una batería de pruebas neuropsicológicas utilizando una plataforma de videojuegos. Sin embargo, las puntuaciones de algunas de las tareas de Towi no se correlacionaron con las puntuaciones de las pruebas estandarizadas. Claramente, algunos de los aspectos no se transfirieron con éxito entre las pruebas. Una preocupación particular es que la mayoría de las puntuaciones de Towi para las que encontramos una correlación significativa son aquellas que reflejan opciones o respuestas correctas, que en gran medida tienen que ver con la forma tradicional en que se construyen las pruebas. Cuando Al diseñar una tarea, puede ser más fácil pensar en el proceso de producir una respuesta correcta y más difícil pensar en los muchos escenarios posibles que pueden conducir a una respuesta incorrecta. Por ejemplo, un Se puede atribuir un número mayor de lo normal de respuestas incorrectas. a instrucciones poco claras, controles confusos o hipersensibles, aburrimiento o inquietud [49]. En nuestro caso, al jugar la Sala de Espera tarea, el sujeto debe esperar más de dos minutos, independientemente de la respuestas del sujeto. Los sujetos pueden encontrar esta tarea aburrida, y mientras esto la duración del tiempo puede ser una parte importante de una prueba psicológica, es un componente inesperado de un videojuego, que puede tener aumentó los clics incorrectos del sujeto. Uno de los principales pilares del diseño de un videojuego es proporcionar aspectos que sean intrínsecamente motivadores para el jugador [50]. Cuando esto no es posible debido a la naturaleza de la tarea, el ambiente de instrucción puede ser

podrían incluirse otras fuentes de motivación. Mal one & Lepper [50] mencionan al menos dos tipos de motivación: externa e interna. En la sala de espera, probablemente haya poca motivación interna para hacer un seguimiento de los números en la pizarra, pero puede ser necesaria una motivación externa para obtener una buena puntuación general en la prueba. El diseño de la prueba se puede mejorar proporcionando elementos más notorios para la motivación externa del jugador, pero que al mismo tiempo no interfieran con el aspecto cognitivo que se está midiendo.

Otro aspecto importante relacionado con las respuestas incorrectas es que los videojuegos representan una situación más lúdica y un entorno más permisivo que el consultorio de un neuropsicólogo o la sala de entrevistas.

Por ejemplo, en la tarea Drive to the Airport, encontramos una gran cantidad de cruces, incluso más que el número necesario para resolver el laberinto y finalizar la tarea. En este caso, el objetivo de la tarea puede haber pasado a ser secundario frente al tema "divertirse". Un punto positivo del uso de videojuegos es la posibilidad de medir automáticamente varias variables de desempeño o patrones en las variables que son difíciles de medir en tareas neuropsicológicas estándar, en particular las de tiempo, latencias y patrones de error. En este sentido, puede haber ventajas y desventajas en automatizar la aplicación de un tamizaje neuropsicológico.

Otra diferencia entre Towi y las pruebas estandarizadas es la cantidad de procesos cognitivos medidos. Muchas pruebas estandarizadas afirman poder separar y evaluar procesos cognitivos individuales mediante tareas abstractas. En general, las tareas que reclaman validez ecológica dada su similitud con las actividades de la vida diaria a menudo hacen uso de varias modalidades cognitivas simultáneamente y sus puntajes no se interpretan como informativos de un desempeño particular de un solo proceso cognitivo. En este sentido, los videojuegos con pretensiones de validez ecológica solo pueden proporcionar una evaluación general de la función cognitiva. Es posible que el sujeto aún deba ser derivado a un neuropsicólogo para una evaluación completa, quien, a su vez, puede identificar el problema mediante el uso de una batería de pruebas más tradicional. Aún así, la aplicación de Towi puede ser eficiente: puede ser más rápida que las pruebas tradicionales y se puede aplicar a varios sujetos simultáneamente para proporcionar una primera evaluación y sugerir si se requiere una evaluación adicional.

Como se destacó en la introducción, hay varios intentos ingeniosos e ingeniosos de utilizar los videojuegos como formas de evaluación psicológica. En casi todos los casos, se ha demostrado que las herramientas de evaluación presentadas tienen buenas correlaciones con las contrapartes de las pruebas estandarizadas o se han probado en muestras grandes. Dadas las posibilidades casi infinitas de diseñar tareas con las que evaluar sujetos y el gran éxito en la validación de estas tareas, ¿qué es lo que hace que Towi se destaque como una herramienta relevante? Una de las características principales que distingue a Towi de otras formas de evaluación de videojuegos es que con Towi, las tareas presentadas son una reinterpretación de las pruebas cognitivas tradicionales, reimaginadas como un problema que se encuentra comúnmente en la vida diaria. Si bien la Tarea del supermercado [31] también está diseñada teniendo en cuenta la validez ecológica, el contexto funcional familiar se limita al supermercado y los usuarios objetivo son principalmente adultos. Otra característica de Towi es que aborda la evaluación de los niños, un grupo para el que se dispone de menos herramientas ecológicamente válidas. A diferencia de otros videojuegos utilizados para la evaluación [24,25], que se componen de varias tareas que carecen de integración, en Towi cada tarea está incrustada en una narrativa de ir de viaje y los problemas que se resuelven se ajustan a este escenario. En el futuro, esto permitirá la fácil integración de medidas cognitivas adicionales al agregar más capítulos a la historia. Finalmente, la mayoría de las otras plataformas de juegos han sido diseñadas para ejecutarse en computadoras portátiles o tabletas, mientras que otras requieren equipos sofisticados que, si bien mejoran la experiencia del usuario, son prohibitivos para los usuarios fuera de las instituciones de investigación. En este sentido, Towi es asequible y, por lo tanto, más accesible para una gran variedad de instituciones que pueden necesitar un software de detección para niños.

5. Conclusión

En este estudio, evaluamos a niños en un juego llamado Towi y comparamos su desempeño con sus puntajes en pruebas neuropsicológicas estandarizadas. Encontramos un gran número de correlaciones significativas entre las pruebas estandarizadas y los juegos de Towi.

Los juegos parecen ser sensibles a importantes diferencias de desarrollo y sexo reportadas en la literatura. Las métricas de rendimiento de Towi parecen factorizar de manera coherente, lo que sugiere un posible uso como herramienta de evaluación neuropsicológica. A pesar del hecho de que el uso de videojuegos como herramientas de evaluación es todavía una idea relativamente nueva, los breves tiempos de prueba y la conveniencia de calificar abogan por una tecnología similar en el dominio de la evaluación cognitiva.

La investigación adicional que produzca datos normativos y explore los cambios en la forma en que los usuarios pueden interactuar con la plataforma TOWI debería arrojar más información sobre cómo los juegos pueden ganar resolución en términos de evaluación neuropsicológica.

Expresiones de gratitud

Los autores desean agradecer a Rosa Elena Ulloa por revisar la versión final de este manuscrito y a Enrique Morales y Andrea Oviedo de PixFrame México por proporcionar el software probado aquí, así como a Mariana Yañez Jasso, Jane Maribel Sánchez Vázquez, Melissa Argumedo Marroquín, Alejandro Monterosas Munguía, Mishel Hamden Villalobos, Israel Sebastian Ortega Chávez y Diana Velasco González por ayudar a realizar las pruebas y calificar los resultados ya Christel House de México, AC por permitir el acceso a una institución académica. Los autores también quisieran agradecer a los dos revisores anónimos por su cuidadosa lectura, comentarios y sugerencias que mejoraron enormemente el manuscrito.

Referencias

- [1] J. Gaudiosi, Esta startup quiere traerte eSports en streaming 4K, 2015 (consultado <<http://fortune.com/2015/07/30/hitbox-esports-4k/>>, 23.11.16).
- [2] T. Grodal, Los videojuegos y los placeres del control, en: D. Zillmann, P. Vorderer (Eds.), *Media Entertainment: The Psychology of Its Appeal*, Erlbaum, Mahwah, 2000, págs. 197–213.
- [3] P. Vorderer, Entretenimiento interactivo y más allá, en: D. Zillmann, P. Vorderer (Eds.), *Media Entertainment: The Psychology of its Appeal*, Erlbaum, Mahwah, 2000, pp. 21–36.
- [4] MR Lepper, TW Malone, Hacer que el aprendizaje sea divertido: una taxonomía de las motivaciones intrínsecas para el aprendizaje, en: R. Snow, MJ Farr (Eds.), *Aptitud, aprendizaje e instrucción Volumen 3: Análisis de procesos conativos y afectivos*, Routledge, Hillsdale, 1987, págs. 255–286.
- [5] P. Vorderer, T. Hartmann, C. Klimmt, Explicando el placer de jugar videojuegos: el papel de la competencia, en: *Actas de la Segunda Conferencia Internacional sobre Informática de Entretenimiento*, Universidad Carnegie Mellon, Carnegie, 2003, págs. 1–9.
- [6] WR Boot, DP Blakely, DJ Simons, ¿Los videojuegos de acción mejoran la percepción? y cognición?, *Front Psychol.* 2 (2011) 226.
- [7] I. Granic, A. Lobel, RC Engels, Los beneficios de jugar videojuegos, *Am. psicol.* 69 (2014) 66–78.
- [8] T. Baranowski, R. Buday, DI Thompson, J. Baranowski, Playing for real: videojuegos e historias para el cambio de comportamiento relacionado con la salud, *Am. J. anterior Medicina.* 34 (2008) 74–82.
- [9] DL Graf, LV Pratt, CN Hester, KR Short, Jugar videojuegos activos aumenta el gasto de energía en los niños, *Pediatrics* 124 (2009) 534–540.
- [10] CA Anderson, BJ Bushman, Efectos de los videojuegos violentos sobre el comportamiento agresivo, la cognición agresiva, el afecto agresivo, la excitación fisiológica y el comportamiento prosocial: una revisión metaanalítica de la literatura científica, *Psychol. ciencia* 12 (2001) 353–359.
- [11] S. Barab, C. Dede, Juegos y simulaciones participativas inmersivas para la educación científica: un tipo emergente de currículo, *J. Sci. Educ. Tecnología* 16 (2007) 1–3.
- [12] MJ Mayo, Videojuegos: ¿una ruta hacia la educación STEM a gran escala?, *Science* 323 (2009) 79–82.
- [13] P. Moreno-Ger, D. Burgos, I. Martínez-Ortiz, J.L. Sierra, B. Fernández-Manjón, *Educational game design for online education*, *Comput. Human Behav.* 24 (2008) 2530–2540.
- [14] K. Squire, Videojuegos en la educación, *Int. J. Intel. Juegos Simul.* 2 (2003) 49–62.
- [15] RL Achtman, CS Green, D. Bavelier, Los videojuegos como herramienta para entrenar habilidades visuales, *Restor. Neurol. Neurosci.* 26 (2008) (2008) 435–446.

- [16] J. Goldstein, L. Cajko, M. Oosterbroek, M. Michielsens, O. Van Houten, F. Salverda, Videojuegos y mayores, *Soc. Comportamiento pers.* 25 (1997) 345–352.
- [17] M. Griffiths, El uso terapéutico de los videojuegos en la infancia y la adolescencia, *Clin. Psicología infantil. Psiquiatría* 8 (2003) 547–554.
- [18] AD Mead, F. Drasgow, Equivalencia de pruebas de capacidad cognitiva computarizadas y de papel y lápiz: un metanálisis, *Psychol. Toro.* 114 (1993) 449–458.
- [19] PJ Hofer, BF Green, El desafío de la competencia y la creatividad en las pruebas psicológicas computarizadas, *J. Consult. clin. psicol.* 53 (1985) 826–838.
- [20] MJ Burke, J. Normand, Pruebas psicológicas computarizadas: descripción general y crítica, *Prof. Psychol. Res. Pr.* 18 (1987) 42–51.
- [21] J. McPherson, NR Burns, Gs invaders: evaluación de una prueba de velocidad de procesamiento similar a un juego de computadora, *Behav. Res. Métodos* 39 (2007) 876–883.
- [22] J. McPherson, NR Burns, Evaluación de la validez de pruebas de velocidad de procesamiento y memoria de trabajo similares a juegos de computadora, *Behav. Res. Métodos* 40 (2007) 969–981.
- [23] J. Verhaegh, WF Fontijn, EH Aarts, WC Resing, Evaluación en el juego y entrenamiento de habilidades cognitivas no verbales usando TagTiles, *Pers. ubicuo. computadora.* 17 (2013) 1637–1646.
- [24] M. Tenorio-Delgado, P. Arango-Urbe, A. Aparicio-Alonso, R. Rosas-Díaz, TENI: una batería integral para la evaluación cognitiva basada en juegos y tecnología, *Child Neuropsychol.* 22 (2016) 276–291.
- [25] SM Atkins, AM Sprenger, GJ Colflesh, TL Briner, JB Buchanan, SE Chavis, S. Chen, GL Iannuzzi, V. Kashtelyan, EJ Dowling, I. Harbison, DJ Bolger, MF Bunting, MR Dougherty, Medir la memoria de trabajo es todo diversión y juegos, *Exp. psicol.* 61 (2014) 417–438, 29.
- [26] T. Tong, M. Chignell, MC Tierney, J. Lee, Un juego serio para la evaluación clínica del estado cognitivo: estudio de validación, *JMIR Serious Games* 4 (2016) e7.
- [27] L. Gamberini, F. Martino, B. Seraglia, A. Spagnoli, M. Fabregat, F. Ibáñez, M. Alcañiz, JM Andrés, Proyecto Eldergames: una innovadora solución de mesa de realidad mixta para preservar las funciones cognitivas en personas mayores, en: *Actas de la Segunda Conferencia sobre Interacciones del Sistema Humano Catania, IEEE, 2009*, pp. 164–169.
- [28] T. Aalbers, MA Baars, MGO Rikkert, RP Kessels, Puzzling with online games (BAM-COG): fiabilidad, validez y viabilidad de un autocontrol en línea para el rendimiento cognitivo en adultos mayores, *JMIR* 15 (2013) e270.
- [29] MD Heller, K. Roots, S. Srivastava, J. Schumann, J. Srivastava, TS Hale, Un análisis basado en el aprendizaje automático de los datos del juego para la evaluación del trastorno por déficit de atención con hiperactividad, *Games Health J.* 2 (2013) 291–298.
- [30] I. Tarnanas, W. Schlee, M. Tzolaki, R. Müri, U. Mosimann, T. Nef, Validez ecológica de la detección de actividades de la vida diaria de realidad virtual para la demencia temprana: estudio longitudinal, *JMIR Serious Games* 1 (2013) e1.
- [31] JH Lee, J. Ku, W. Cho, WY Hahn, IY Kim, SM Lee, Y. Kang, D. Y Kim, K. Yu, B. K. Wiederhold, MD Wiederhold, SI Kim, Un sistema de realidad virtual para la evaluación y rehabilitación de las actividades de la vida diaria, *Cyberpsychol. Comportamiento* 6 (2003) 383–388.
- [32] P. Grewe, A. Kohsik, D. Flentge, E. Dyck, M. Botsch, Y. Winter, HJ Markowitsch, CG Bien, M. Piefke, Aprendizaje de habilidades cognitivas de la vida real en una novela 360-virtual supermercado realidad: un estudio neuropsicológico de participantes sanos y pacientes con epilepsia, *J. Neuroeng. rehabilitación* 10 (2013) 1.
- [33] F. Ostrosky-Solis, EM Gómez-Pérez, E. Matute, M. Rosselli, A. Ardila, D. Pineda, Neuropsi atención y memoria: batería de pruebas neuropsicológicas en español con normas por edad y nivel educativo, *Appl. Neuropsicología.* 14 (2007) 156–170.
- [34] J.C.F. Lázaro, F.O. Shejet, A.L. Gutiérrez, BANFE: Batería Neuropsicológica De Funciones Ejecutivas Y Lóbulos Frontales, second ed., Manual Moderno, Mexico City, 2012.
- [35] EC Dalrymple-Alford, B. Budayr, Examen de algunos aspectos de la prueba de color-palabra de Stroop, *Percept. Agudeza. Habilidades* 23 (1966) 1211–1214.
- [36] R Core Team, R: Un lenguaje y entorno para la computación estadística, R Fundación para la Computación Estadística, Viena, 2014.
- [37] N. Siegel, NJ Castellán, Estadísticas no paramétricas para las ciencias del comportamiento, segunda ed., MacGraw Hill, Nueva York, 1988.
- [38] DS Kerby, La fórmula de la diferencia simple: un enfoque para la enseñanza de la correlación no paramétrica, *Comprehensive Psychol.* 3 (2014) 1.
- [39] W. Revelle, Psych: Procedimientos para la Investigación de la Personalidad y la Psicología, Universidad del Noroeste, Illinois, 2015.
- [40] BFJ Manly, Multivariate Statistical Methods: A Primer, tercera ed., Chapman and Hall, Londres, 1986.
- [41] GZ Tau, BS Peterson, Desarrollo normal de circuitos cerebrales, *Neuropsicofarmacología* 35 (2010) 147–168.
- [42] MC Davidson, D. Amso, LC Anderson, A. Diamond, Desarrollo del control cognitivo y funciones ejecutivas de 4 a 13 años: evidencia de manipulaciones de memoria, inhibición y cambio de tareas, *Neuropsychologia* 44 (2006) 2037–2078 .
- [43] C. von Hofsten, Una perspectiva de acción sobre el desarrollo motor, *Trends Cogn. ciencia* 8 (2004) 266–272.
- [44] D. Holloway, L. Green, S. Livingstone, Zero to Eight: Young Children and Their Uso de Internet, EU Kids Online, Londres, 2013.
- [45] MC Linn, AC Petersen, Aparición y caracterización de las diferencias sexuales en la capacidad espacial: un metanálisis, *Child Dev.* 56 (1985) 1479–1498.
- [46] N. Newcombe, MM Bandura, DG Taylor, Diferencias sexuales en capacidad espacial y actividades espaciales, *Sex Roles* 9 (1983) 377–386.
- [47] D. Voyer, S. Voyer, MP Bryden, Magnitud de las diferencias sexuales en las habilidades espaciales: un metanálisis y consideración de variables críticas, *Psychol. Toro.* 117 (1995) 250–270.
- [48] SC Levine, J. Huttenlocher, A. Taylor, A. Langrock, Diferencias sexuales tempranas en la habilidad espacial, *Dev. psicol.* 35 (1999) 940–949.
- [49] T. Marsh, Continuo de juegos serios: entre juegos con un propósito y entornos experienciales con un propósito, *Entretener. computar* 2 (2011) 61–68.
- [50] TW Malone, MR Lepper, Hacer que el aprendizaje sea divertido: hacer que el aprendizaje sea divertido: una taxonomía de las motivaciones intrínsecas para el aprendizaje, en: R. Snow, MJ Farr (Eds.), *Aptitude, Learning, and Instruction Volumen 3: Conative and Affective Process Analyses*, Routledge, Hillsdale, 1987, págs. 255–286.