

Bachilleraile: An inclusive game for impaired vision players

Javier Díaz^{*,1}, Daniela Morales¹, Vanya Bisquett¹, Josefa Díaz de Alda¹, Brandon-Danny Melo¹, Steren Chabert^{1,2}, Scarlett Lever¹, Rodrigo Salas^{1,2}, *Senior Member, IEEE*, and Alejandro Weinstein^{*,1,2}

Abstract—Currently, there are not many games that people with visual disabilities can access. In this sense, this work proposes the design and development of an inclusive game called *Bachilleraile* based on the popular game *Bachillerato*.

Bachilleraile steps as a quick reaction game with a strong emphasis on learning Braille for players with poor vision and for normal players. The device consists of servomotors, the buttons on the front of the box will go up and down, forming Braille alphabet patterns that describe specific letters. These letters are generated randomly and are necessary to form a word that begins with the generated letter.

The game design was carried out using the Design Thinking methodology and was validated with people with visual impairment.

Index Terms—Assistive Technologies; Braille; Games Accessibility; Visual impairment; Design Thinking

I. INTRODUCCIÓN

EN Chile, acorde a los resultados de la encuesta II ENDISC, se estima que la prevalencia de discapacidad en la población de 18 años o más en Chile es de 20,0%, lo cual corresponde a 2.606.914 personas adultas [1]. Por otro lado, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, en el mundo 1.300 millones de personas presentaban algún tipo de discapacidad visual en el año 2018 [3]. Más aún, Masse et al. [2], según los datos del censo 2010, en Brasil, la prevalencia de personas con al menos una discapacidad ascendía al 23,9%, mientras que las personas con discapacidad visual, auditiva o motora que presentan grandes dificultades para realizar una actividad asciende al 6,9% de la población.

En este sentido, en el año 2013, en Chile se establece la Política Nacional para la Inclusión Social de las Personas con Discapacidad 2013-2020 donde se señala que además de considerar la condición de salud de la persona, también se debe tener en cuenta el resultado de la interacción de esa deficiencia con elementos contextuales, como barreras del entorno y restricciones a la participación en la sociedad. Por lo cual nace la necesidad de eliminar aquellas barreras que impiden a las personas con discapacidad con el fin de lograr la igualdad de condiciones con las demás personas (ver [4]).

Masse et al. [2] señala que la salud de la población ya no solo se compone de enfermedad o muerte, sino también de la discapacidad. Según la Organización Mundial de la Salud [3], la discapacidad se entiende como *un concepto que*

evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás.

A mediados del siglo XIX, el francés Louis Braille creó un mecanismo lectura-escritura táctil de 8 puntos para facilitar la comunicación en personas con impedimentos visuales o ciegos. Este sistema, conocido como Braille, ha permitido a las personas leer, escribir e incluso utilizar las nuevas herramientas informáticas. El sistema Braille consiste en un alfabeto y en general consiste en celdas de seis puntos en relieve, la presencia o ausencia de puntos permite la codificación de los símbolos. No obstante el sistema Braille es difícil de aprender y requiere de múltiples etapas de enseñanza-aprendizaje de manera tal que los estudiantes puedan aprender el código y puedan ser capaces de percibir la sensación táctil de los puntos del relieve.

Por otro lado, el Bachillerato es un juego muy popular entre los estudiantes de secundaria. El juego prueba la velocidad mental de los jugadores para evocar una palabra que comience con una determinada letra y que pertenezca a alguna categoría. Por ejemplo, *Nombre de país que comienza con la letra C*, en este caso una respuesta posible es *Chile*. Los jugadores disponen de un tiempo limitado para hallar una palabra perteneciente a cada categoría y que empiece por la letra indicada.

Por lo anterior, nace la necesidad de crear un juego con el fin de integrar personas no videntes con las videntes, y de esta forma aportar a la inclusión social de las personas con discapacidades [5]. En este trabajo proponemos crear un juego interactivo que denominaremos *Bachilleraile* y que se en el clásico juego del bachillerato, pero destinado a todo el que esté interesado en jugar, sin importar si el jugador presente alguna discapacidad visual o ninguna, generando una herramienta de aprendizaje inclusiva y lúdica.

El presente trabajo se estructura de la siguiente forma. En la sección II se entregan los detalles de los materiales utilizados y cómo se construyó el dispositivo. En la sección III se muestran los principales resultados obtenidos. En la sección IV se realiza una breve discusión del trabajo realizado. Finalmente, en la sección V entregamos las principales conclusiones y posibles trabajos futuros.

II. MATERIALES Y MÉTODO

Para desarrollar el dispositivo se necesitaron los siguientes materiales:

¹Escuela de Ingeniería Civil Biomédica, Universidad de Valparaíso, Chile.

²Centro de Investigación y Desarrollo en Salud CING-S-UV, Universidad de Valparaíso, Chile.

*Corresponding authors javier.diazv@alumnos.uv.cl, alejandro.weinstein@uv.cl

- 1) Un arduino que es una plataforma y placa electrónica de hardware libre que incorpora un microprocesador programable, dispone de una serie de pines que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador, sensores y actuadores de manera sencilla. El arduino se utilizó para automatizar el juguete.
- 2) Servomotores, tipo de motor que permite controlar la posición del eje en un momento dado, están diseñados para generar un movimiento en una determinada cantidad de grados y mantenerse fijo en tal posición. En términos simples, un servomotor es un motor especial conformado por un motor DC, un sistema de control (tarjeta electrónica)
- 3) Un potenciómetro y un conjunto de engranajes para aumentar el torque de este, son utilizados para generar las letras en Sistema Braille en el juguete.
- 4) Un controlador PCA9685, placa diseñada para el control de hasta 16 servomotores, además de poseer una bornera para la alimentación, para funcionar debe ser conectada a la placa Arduino con su programación correspondiente, se utiliza para generar las conexiones de los servomotores.
- 5) Un PCB perforado, placa que posee orificios conectados eléctricamente entre sí siguiendo un patrón horizontal o vertical, se utiliza para el desarrollo de circuitos electrónicos, insertando componentes electrónicos y cables como puente, y conexión de las herramientas.
- 6) Un módulo SD, se utiliza una tarjeta SD de 4 gigabytes porque el arduino no tiene la memoria suficiente para guardar archivos, ni la capacidad de procesamiento para reproducir los audios. La principal función de la tarjeta SD es almacenar los audios que serán reproducidos después de 10 segundos de haberse formado la letra en Sistema Braille con los pistones, mencionando la letra que se generó.
- 7) Un parlante, el cual es de 8 ohms, su función es reproducir los audios que se generarán para saber que letra en Sistema Braille se generó. Una resistencia, la cual fue utilizada en el parlante y en los botones, su función es reducir el voltaje que pasa a través de éstos. Un botón pulsador, el cual es utilizado para interactuar con el juguete y una vez pulsado generará una letra al azar en Sistema Braille. Un amplificador LM386, circuito integrado que consiste en un amplificador que requiere bajo voltaje, tanto en la entrada de audio como en la alimentación. Fue utilizado principalmente para aumentar el volumen del juguete. Un potenciómetro de 10k, lo cual es una resistencia variable que con ayuda del usuario, pueda manejar a su necesidad el volumen que entrega el juguete.

Se realizó la vectorización de las imágenes con el fin de obtener contornos perfectamente definidos, que se pueden ampliar o reducir a cualquier tamaño sin que se modifique su calidad. Ésta herramienta fue utilizada para definir la forma de la caja del juguete. Se realizó la vectorización del armazón del juguete mediante Coreldraw para luego obtenerlo mediante la cortadora láser.

El cortado láser consiste en una separación térmica en donde el rayo láser incide en la superficie del material y lo calienta con la potencia suficiente para derretirlo o vectorizarlo por completo. Una vez que el rayo láser ha penetrado en un punto del material se inicia el proceso de corte real, este sigue la geometría seleccionada con la vectorización de una imagen y separa el material en el proceso. El cortador fue utilizado para generar los pistones y la caja en donde se almacenarán las herramientas que dan origen a las letras en Sistema Braille.

El mecanismo del juego se rige a través del uso de un Arduino, el cual controla a 6 servomotores que van dentro del juguete, quienes pueden crear movimiento circular en grados de forma controlada, estos están contenidos en una caja con 6 pistones, y cada uno posee un conjunto piñón-cremallera, lo cual transforma el movimiento circular del servomotor en un movimiento lineal, distribuyéndose en dos columnas de tres. De esta manera se formará un relieve distinto, dependiendo de la letra del abecedario del Sistema Braille, todo lo anterior de manera pseudo-aleatoria.

Para inventar el juego, los creadores siguieron la metodología Design Thinking [6], [7], [8]. El trabajo se inició con una entrevista a un grupo de personas con discapacidad visual o de visibilidad reducida, y se les consultó por sus preferencias a la hora de seleccionar un juego. De acuerdo a sus respuestas, se presentó la idea de un bachillerato en forma de juego interactivo, frente a lo cual se tuvo una muy buena aceptación, específicamente por la posibilidad de incluir a distintos tipos de jugadores, por la necesidad de una rápida respuesta, por la ampliación del vocabulario con la incorporación de palabras nuevas, y también por la agilidad mental que se requiere para utilizar el juguete.

III. RESULTADOS

Al momento de iniciar el juego, se acuerda categoría a desarrollar por los jugadores para entregar respuestas acertadas. Y se dispone de una caja con 6 orificios, en los cuales se encuentran 6 pistones pequeños ubicados dentro de un cajetín conformado por columnas de 3×2 . El mecanismo principal del juguete son sus servomotores que mueven cada pistón generando un relieve diferente y en este caso, las letras en sistema Braille.

Para que los pistones y las letras sean generadas en el sistema braille, se dispone de un botón que al ser presionado generará aleatoriamente una letra. La persona deberá leer la letra generada con sistema Braille y dispondrá de 7 segundos para decir una palabra que comience con la letra que leyó, la cual deberá ser coherente con la categoría acordada. Al final de los 7 segundos, la caja, por medio de un parlante, dirá la letra que se dio en el turno, para que los demás jugadores sepan qué letra leyó el jugador y se pueda juzgar si es correcta o no la respuesta entregada, poniendo en práctica el pensamiento rápido y la agilidad mental.

La electrónica de Bachilleraile funciona en base al circuito de la figura 1, la cual está compuesta por:

- BAT: Batería de ión de litio - 3.7V 2000 mAh
- M.C: Módulo de carga
- REG: Regulador de voltaje LM7805

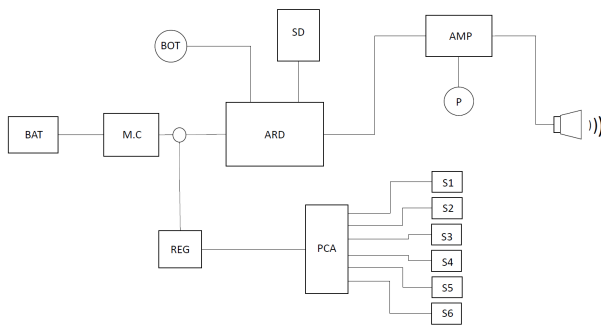


Fig. 1. Circuito de Bachilleraille

- PCA: Módulo controlador de servomotores PCA9685
- S(n): Servomotores Tower pro SG90
- ARD: Arduino UNO
- BOT: Botón pulsador
- SD: Módulo lector de tarjetas micro SD
- AMP: Amplificador LM386
- P: Potenciómetro 10k
- Parlante 8 ohm

La alimentación de Bachilleraille está basada en una batería de ión de litio - 3.7v 2000 mAh (BAT fig.1). A la vez, ésta tiene sus respectivas conexiones a un módulo de carga (M.C fig.1), quien se encarga de amplificar el voltaje de 3,7v de la batería a 7v y distribuir la energía para el Arduino. Entre el módulo de carga y el Arduino, está presente un regulador de voltaje LM7805 encargado de disminuir el voltaje de 7v entregado por el M.C, a 5v, y así alimentar al módulo controlador de servomotores PCA9685 (PCA fig.1). Al mismo tiempo, los servomotores (S1-6 fig.1) tienen cada uno su conexión al módulo PCA9685.

El módulo PCA9685 extiende sus conexiones al Arduino, y de esta misma forma, el botón pulsador (BOT fig.1), el módulo lector de tarjetas microSD (SD fig.1), y el parlante también se conectan al Arduino. La única diferencia que existe, es que el parlante necesita un amplificador LM386 (AMP fig.1) para un mejor sonido, y un potenciómetro de 10k (P fig.1) para controlar el volumen de este mismo a petición del usuario. Todo lo anteriormente mencionado está posicionado en la base del dispositivo final de Bachilleraille (Fig. 2) para que este pueda mover los pistones y proporcionar un feedback al usuario sobre la letra que se está leyendo.

IV. DISCUSIÓN

Una vez realizadas todas las actividades descritas previamente para lograr crear un juguete que pudieran utilizar personas con discapacidad visual y sin discapacidad, juguete basado en el lenguaje Braille, se determinó llamarlo Bachilleraille, resultante de la conjunción de las palabras Braille y Bachillerato.

Para validar el juguete, se realizaron pruebas con personas que presentan discapacidad visual, basándose en el método de Design Thinking. Los participantes compartieron sus opiniones, las cuales fueron incorporadas como retroalimentación,



Fig. 2. Dispositivo desarrollado para el juego de Bachilleraille

logrando de esta forma contar con su apoyo e integrar sus ideas, ajustando el juguete a sus expectativas.

Al finalizar la etapa de retroalimentación, los participantes concluyeron que les llamaba la atención la idea de un juego más inclusivo, el cual podría generar una agilidad mental al pensar más rápido y una mejor ampliación en sus vocabularios. Adicionalmente, recomendaron habilitar el juguete como un instrumento de aprendizaje para aquellas personas que recién están aprendiendo el Sistema Braille, como personas con enfermedades neurodegenerativas que causan cegueras o que debido a un accidente o alguna otra causa perdieron su capacidad visual de un momento a otro.

El juguete va acompañado de un manual, disponible para todo jugador que desee utilizarlo y estará disponible en Sistema Braille y Sistema Alfanumérico. Es un documento simple, explica como funciona el juguete y como se ocuparlo.

En la literatura se han desarrollado juegos digitales en base al sistema Braille para las personas con dificultades visuales, esto con el fin de favorecer tanto el aprendizaje como también la inclusión [9], [10], [11]. Por otro lado, Sarkar et al. [12] realiza un estudio de costo-efectividad de los sistemas digitales de Braille.

V. CONCLUSIONES

Bachilleraille nació como respuesta a una necesidad de disponer de un juego simple para hacer efectiva la inclusión de personas con discapacidad visual. El dispositivo desarrollado es de fácil implementación. Además, a través del juego, entrega una forma lúdica de aprender el sistema Braille.

El trabajo viene a contribuir con un nuevo dispositivo que sirve tanto para la enseñanza del sistema Braille, como también una forma de tener un juego inclusivo para las personas con discapacidades visuales.

Como trabajo futuro se espera poder adaptar más juegos populares para que personas con algún tipo de discapacidad puedan tener acceso.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto ha recibido el aporte de Fablab-UV y del Centro Avanzado de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (AC3E).

REFERENCES

- [1] Medel, I. (2016). II Estudio nacional de la discapacidad en Chile 2015. Servicio Nacional de la Discapacidad, Departamento de Estudios. ISBN: 978-956-8441-06-7
- [2] Massé, G., and Rodríguez, M.C. *La discapacidad en América Latina: reflexiones en torno a la medición de un fenómeno complejo en una región demográfica heterogénea*. Notas de Población, vol. 100, pp. 195-222
- [3] Organización Mundial de la Salud (2018). *Ceguera y discapacidad visual*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>. Última visita: Martes 21 de Mayo del 2019.
- [4] Servicio Nacional de la Discapacidad SENADIS (2013). *Política Nacional para la Inclusión Social de las Personas con Discapacidad 2013-2020*. Ministerio de Desarrollo Social y Familia.
- [5] Alarcón, C., and Vizcarra, M. (2016). Persons with visual impairment in relation with barriers and strategies affecting their performance in instrumentals daily living activities. *Revista Chilena de Terapia Ocupacional*. Vol. 16, issue 2, pp 153-162.
- [6] Lee Chong Hwa, Jason Leow, Jun Lau, Angela Ho, Chia Hui Yong (2017). *Design Thinking: The Guidebook*. Design Thinking Master Trainers of Bhutan. Singapore.
- [7] Katja Thoring and Roland M. Müller (2011). *Understanding design thinking: A Process model based on method engineering*. International Conference on Engineering and Product design education. London, U.K.
- [8] Georgi V. Georgiev (2012). *Design Thinking: An Overview*. Special Issue of Japanese Society for the Science of Design, Vol.20-1 No.77, pp. 72-79.
- [9] Sepchat, A., Monmarché, N., and Archambault D. (2005). Accesible video games for visually impaired children. The Third Annual Int. Conf. in Computer Game Design and Technology, Liverpool, UK (2005) pp. 58-67
- [10] Hatzigiannakoglou, P.D., and Kampouraki, M.T. (2016). *“Learn Braille”: A Serious Game Mobile App for sighted Braille Learners*. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, vol. 9, issue 1, pp. 174-176.
- [11] Milne, Lauren R. and Bennett, Cynthia L. and Ladner, Richard E. and Azenkot, Shiri (2014). *BraillePlay: Educational Smartphone Games for Blind Children*. Proceedings of the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility ASSETS '14. ACM. pp. 137-144
- [12] Sarkar, R. and Das, S. (2012). Analysis of Different Braille Devices for Implementing a Cost-effective and Portable Braille System for the Visually Impaired People. *International Journal of Computer Applications* vol. 60, issue 9, pp. 1-5