



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

PROPUESTA DE UN
MÉTODO PARA EL
DESARROLLO DE
VIDEOJUEGOS SERIOS
ACCESIBLES

Ángel Gabriel Jaramillo Alcázar



Tesis **Doctorales**

UNIVERSIDAD de ALICANTE

Unitat de Digitalització UA
Unidad de Digitalización UA



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN
INFORMÁTICA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Propuesta de un método para el desarrollo de videojuegos serios accesibles

Angel Gabriel Jaramillo Alcázar

Tesis presentada para aspirar al grado de
DOCTOR POR LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE

DOCTORADO EN INFORMÁTICA

Dirigida por:

Dr. Sergio Luján Mora

Mayo 2022

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a mi esposa Sindy por su apoyo incondicional, a mis hijos Robertito y Zequi por ser mi motor para superarme y a toda mi familia por estar siempre presente.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios por su misericordia y por concederme sus bendiciones en todos los ámbitos de mi vida. A Sergio Luján Mora por su calidad de ser humano, profesional y académico, quien sin duda ha sido una guía invaluable para alcanzar este objetivo.

A la Universidad de Las Américas, en particular a la Dirección General de Investigación y Vinculación, por su apoyo con los recursos necesarios para la publicación de varios trabajos y a los coautores de mis artículos por creer en las ideas propuestas.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Alicante, 1 de mayo de 2022
Angel Jaramillo-Alcázar

Resumen

Hoy en día, uno de los segmentos de la industria del software que más ha tenido crecimiento, son los videojuegos. Millones de dólares se generan anualmente en este mercado gracias a variados tipos de videojuegos y las distintas plataformas existentes. Este crecimiento también está apalancado por la cantidad de espectadores de algunos tipos de videojuegos, por ejemplo, deportes electrónicos, y el aumento del consumo de jugadores de computadora que se evidencia actualmente.

Asimismo, varios estudios han dado a conocer que la cantidad de dispositivos móviles y conexiones en el mundo ha aumentado y que gran parte de la población mundial tendrá acceso a la tecnología móvil. Es por esta razón que el uso de dispositivos móviles en el día a día de las personas se ha vuelto imprescindible. Este efecto se debe a que los dispositivos móviles se consideran más versátiles que los equipos tradicionales como las computadoras de escritorio.

Por otro lado, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el mundo alrededor del 15% de personas tiene algún tipo de discapacidad. Estas personas suelen vivir con limitaciones sociales, educativas y de entretenimiento debido a su condición. Es así que se considera a la accesibilidad como un parámetro que permite que un objeto pueda ser utilizado por una persona indistintamente de su discapacidad.

La accesibilidad en los videojuegos es un parámetros que no ha sido considerado por los desarrolladores de este tipo de aplicaciones. Sin embargo, en los últimos años han existido iniciativas de grupos de interés, organizaciones, entre otros, que han empezado a desarrollar y proponer pautas de accesibilidad para los videojuegos. Esto también ha sido apalancado debido a que en los recientes años han aparecido novedosas tecnologías de asistencia para los dispositivos móviles, como VoiceOver para iOS o Google TalkBack para Android. Estas tecnologías han permitido evolucionar a las alternativas de solución para reducir la brecha de accesibilidad en los videojuegos. Estas tecnologías permiten nuevos tipos de interfaces y, al mismo tiempo, estas nuevas interfaces pueden ser útiles para algunos grupos de personas con discapacidad. Además, la accesibilidad no solo ha sido considerada en videojuegos sino primordialmente se han generado lineamientos como los propuestos por el Consorcio World Wide Web (*World Wide Web Consortium*, W3C) en las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web (*Web Content Accessibility*

Resumen

Guidelines, WCAG) 2.1 o también existen varios casos de gobiernos que han denificado sus parámetros para desarrollar sus aplicaciones accesibles.

Por otro lado, la educación y sobre todo los métodos de enseñanza-aprendizaje siempre han sido un reto al momento de transmitir el conocimiento en cualquier escenario de educación/capacitación. Los métodos tradicionales se han visto transformados y ahora se complementan de gran manera con las tecnologías. Una de estas variantes de métodos de enseñanza-aprendizaje son los conocidos juegos serios. Los juegos serios, también llamados juegos formativos, son juegos diseñados con un propósito educativo más que para fines de entretenimiento. La expresión “serio” se refiere a aquellos videojuegos que se utilizan en el sector educativo pero también pueden ser aplicados en sectores científicos, industriales y más.

Es así que el uso de videojuegos serios en la educación ha ido ganando adeptos y sin duda se ha convertido en la herramienta más aceptada por estudiantes. Sin embargo, la gran mayoría de estos videojuegos serios no se construyen con criterios de accesibilidad, limitando de cierta manera a que puedan ser utilizados por personas con discapacidad.

De esta manera es que nace el trabajo realizado, el cual propone un método para el desarrollo de videojuegos serios para personas con discapacidad. Este método aborda tanto los aspectos de la construcción de un videojuego serio con sus características educacionales y los elementos lúdicos para volverlo entretenido y atractivo, así como, las características de accesibilidad que debe considerar su diseño para que personas con discapacidad puedan usarlos como una herramienta de aprendizaje. Además, se presenta un caso de estudio de la aplicación del método propuesto.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Abstract

Today, one of the fastest growing segments of the software industry is video games. Millions of dollars are generated annually in this market thanks to various types of video games and the different existing platforms. This growth is also leveraged by the number of viewers of some types of video games, for example, electronic sports, and the increase in the consumption of computer gamers that is currently evident.

Likewise, several studies have revealed that the number of mobile devices and connections in the world has increased and that a large part of the world's population will have access to mobile technology. It is for this reason that the use of mobile devices in people's daily lives has become essential. This effect is due to the fact that mobile devices are considered more versatile than traditional equipment such as desktop computers.

On the other hand, according to the World Health Organization (WHO), around 15 % of people in the world have some type of disability. These people often live with social, educational and entertainment limitations due to their condition. Thus, accessibility is considered as a parameter that allows an object to be used by a person regardless of their disability.

Accessibility in video games is a parameter that has not been considered by the developers of this type of application. However, in recent years there have been initiatives by interest groups, organizations, among others, that have begun to develop and propose accessibility guidelines for video games. This has also been leveraged because new assistive technologies for mobile devices have appeared in recent years, such as VoiceOver for iOS or Google TalkBack for Android. These technologies have allowed the evolution of alternative solutions to reduce the accessibility gap in video games. These technologies enable new types of interfaces and, at the same time, these new interfaces may be useful for some groups of people with disabilities. In addition, accessibility has not only been considered in videogames but primarily guidelines have been generated such as those proposed by the World Wide Web Consortium (W3C) in the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.1) or there are also several cases of governments that have defined their parameters to develop their accessible applications.

On the other hand, education and especially teaching-learning methods have always

Abstract

been a challenge when transmitting knowledge in any education/training scenario. Traditional methods have been transformed and are now greatly complemented by technology. One of these variants of teaching-learning methods are the well-known serious games. Serious games, also called training games, are games designed for an educational purpose rather than for entertainment purposes. The expression "serious-efers to those video games that are used in the educational sector but can also be applied in scientific, industrial and other sectors.

Thus, the use of serious video games in education has been gaining popularity and has undoubtedly become the most accepted tool by students. However, the vast majority of these serious video games are not built with accessibility criteria, limiting in a certain way that they can be used by people with disabilities.

In this way, the work carried out is born, which proposes a method for the development of serious video games for people with disabilities. This method addresses both the aspects of building a serious video game with its educational features and playful elements to make it entertaining and attractive, as well as the accessibility features that its design must consider so that people with disabilities can use them as a learning tool. learning. In addition, a case study of the application of the proposed method is presented.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Índice general

Dedicatoria	I
Agradecimientos	III
Resumen	V
Abstract	VII
Índice de figuras	XIII
Índice de tablas	XV
I VISIÓN GENERAL	1
1 Introducción	3
1.1 Motivación	3
1.2 Definición del problema	3
1.3 Objetivos	5
1.4 Método de trabajo	5
1.5 Trabajo desarrollado	8
1.5.1 Caracterización de las discapacidades y videojuegos serios	8
1.5.1.1 Discapacidad visual	8
1.5.1.2 Discapacidad auditiva	9
1.5.1.3 Discapacidad motriz	10
1.5.1.4 Discapacidad cognitiva	10

Índice general

1.5.2	Videojuegos serios	11
1.5.3	Análisis de lineamientos de accesibilidad para videojuegos serios	12
1.5.4	Método de desarrollo de videojuegos serios accesibles	16
1.5.4.1	Información general del videojuego serio	18
1.5.4.2	Esquema del videojuego serio	18
1.5.4.3	Experiencia del videojuego serio	19
1.5.4.4	Mecánica del videojuego serio	19
1.5.4.5	Accesibilidad del videojuego serio	20
1.5.4.6	Arquitectura del videojuego serio	20
1.5.4.7	Evaluación de la calidad de la aplicación	20
1.5.5	Caso de estudio	21
1.5.5.1	Información general del videojuego serio	21
1.5.5.2	Esquema del videojuego serio	21
1.5.5.3	Experiencia del videojuego serio	24
1.5.5.4	Mecánica del videojuego serio	27
1.5.5.5	Accesibilidad del videojuego serio	28
1.5.5.6	Arquitectura del videojuego serio	29
1.5.5.7	Evaluación de la calidad de la aplicación	30
1.6	Esquema de la tesis	32
1.7	Convenciones de escritura	33
2	Publicaciones	35
2.1	Publicaciones	35
2.1.1	Revistas	35
2.1.2	Congresos	36
2.1.3	Capítulos de libro	37
2.2	Visibilidad	38
II	COMPENDIO DE ARTICULOS	41
3	Compendio	43
4	Mobile Serious Games: An Accessibility Assessment for People with Visual Impairments	47
5	Accessibility Assessment of Mobile Serious Games for People with Cognitive Impairments	51

6	A Mobile Serious Games Assessment Tool for People with Motor Impairments	55
7	An Approach to Mobile Serious Games Accessibility Assessment for People with Hearing Impairments	59
8	Inclusive Education: Mobile Serious Games for People with Cognitive Disabilities	63
9	An Approach to Inclusive Education in Electronic Engineering Through Serious Games	67
10	Towards an Accessible Mobile Serious Game for Electronic Engineering Students with Hearing Impairments	71
11	A Serious Game to Learn Basic English for People with Hearing Impairments	75
12	Catch the Thief: An Approach to an Accessible Video Game with Unity	79
13	Inclusive Education Through Accessible Mobile Serious Games	83
14	A Method to Develop Accessible Online Serious Games for People with Disabilities: A Case Study	87
15	An Approach to Accessible Serious Games for People with Dyslexia	91
16	Method for the Development of Accessible Mobile Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorder	95
	III CONCLUSIONES	99
17	Conclusiones	101
18	Trabajos futuros	105
	Referencias	107

Índice de figuras

1.1	Esquema del Método de desarrollo de videojuegos serios.	18
1.2	Pantallas de registro e inicio de sesión.	22
1.3	Flujo de videojuego serio: (1) Registro, (2) Iniciar sesión, (3) Crear un niño, (4) Jugar, (5) Resultados, (6) Comunicación.	22
1.4	Pantallas de creación de niños y lista de niños.	23
1.5	Pantallas de inicio y categorías principales.	25
1.6	Pantallas de Niveles de categoría de alimentos y de asistente de voz. . .	26
1.7	Pantallas de preguntas y resultados.	27
1.8	Diseño de la arquitectura de la aplicación.	30
1.9	Evaluación de las categorías de MARS.	31
2.1	Perfil del autor en la base de datos Scopus	39
2.2	Perfil del autor en la base de datos Web of Science	40
3.1	Línea de tiempo de publicaciones incluidas en el compendio	45

Índice de tablas

1.1	Alineación de objetivos versus publicaciones	6
1.2	Lineamientos y criterios de éxito por principio (WCAG 2.1)	13
1.3	Lineamientos por autor y discapacidad	15
1.4	Lineamientos para videojuegos móviles por discapacidad y autor	17
1.5	Evaluación MARS de SimpleTEA por cinco evaluadores.	31
2.1	Descripción de artículos publicados en revista	36
2.2	Descripción de artículos publicados en actas de congresos	38
2.3	Perfiles en redes sociales académicas del autor de la tesis	39

Universitat d'Alicant
Universidad de Alicante

Parte I
VISIÓN GENERAL



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

1 Introducción

1.1. Motivación

Hoy en día, la industria de los videojuegos ha ganado relevancia en el segmento de entretenimiento para personas de todas las edades con cerca de 2,200 millones de jugadores en todo el mundo (Newzoo, 2017). Esta industria de software generó alrededor de \$101,100 millones de ingresos en todo el mundo en 2016 y de estos, \$38,600 millones provinieron del mercado de dispositivos móviles. Se espera que este segmento aumente más de \$64,900 mil millones en 2020 (Newzoo, 2017). Este crecimiento también está apalancado por la cantidad de espectadores de algunos tipos de videojuegos, por ejemplo, deportes electrónicos (Hamari y Sjöblom, 2017) y el aumento del consumo de jugadores de computadora que estamos evidenciando actualmente (Seo, Buchanan-Oliver, y Fam, 2015).

En el libro blanco de Cisco (2017) se menciona que en 2016 se agregaron casi 500 millones de dispositivos móviles y conexiones. Cabe prever que el número de dispositivos conectados a Internet alcance los 50,000 millones a partir de 2025 (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2022). El uso de dispositivos móviles en el día a día de las personas se ha vuelto imprescindible. Este efecto se debe al hecho de que los dispositivos móviles tienen ventajas sobre los equipos estáticos y las computadoras (GameLearn, 2015).

1.2. Definición del problema

“La discapacidad no tiene por qué ser un obstáculo para el éxito” es la frase del profesor Stephen W Hawking, que comienza con el prólogo del Informe Mundial sobre Discapacidad de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Organización Mundial de la Salud, 2011). El creciente número de personas con discapacidad en todo el mundo ha impulsado el desarrollo de iniciativas que promueven la accesibilidad como una característica clave en el mundo que nos rodea. La OMS estimó que alrededor del 15 % de la población mundial vive con una discapacidad (Organización Mundial de la

1 Introducción

Salud, 2011). Estas personas tienen que vivir con limitaciones sociales, educativas y de entretenimiento debido a sus discapacidades.

La accesibilidad se define como la capacidad de un objeto para ser utilizado a pesar de la condición o discapacidad de una persona (Accessible University, 2016). La accesibilidad en los videojuegos es un factor que empieza a ser considerado por los desarrolladores de software. La aparición de nuevas tecnologías de asistencia en dispositivos móviles, como VoiceOver para iOS o Google TalkBack para Android, ha permitido desarrollar e investigar posibles soluciones para reducir la brecha de accesibilidad en los videojuegos. Estas tecnologías permiten nuevos tipos de interfaces y, al mismo tiempo, estas nuevas interfaces pueden ser útiles para algunos grupos de personas con discapacidad.

Existen algunos estudios sobre la accesibilidad en los videojuegos, su diseño e importancia en diferentes campos. En el estudio de Grammenos, Savidis, y Stephanidis (2007), por ejemplo, se describe cómo el método de Diseño Unificado, originalmente concebido como un medio para desarrollar interfaces de usuario universalmente accesibles, puede adaptarse y aplicarse al desarrollo de videojuegos universalmente accesibles. En otro estudio de Grammenos, Savidis, y Stephanidis (2009) se introduce el concepto de *juegos universalmente accesibles*, es decir, videojuegos diseñados proactivamente para ajustarse y adaptarse de manera óptima a las características individuales de los jugadores y para ser jugados simultáneamente entre personas con diversas habilidades, sin necesidad de ajustes o modificaciones particulares. Además, en el estudio de Yuan, Folmer, y Harris (2011) se describe un estado del arte en investigación y práctica en la accesibilidad de los videojuegos y señala áreas relevantes para futuras investigaciones. Finalmente, en el trabajo de Pérez-Castilla Alvarez Colaboradores y otros (2012) se busca sensibilizar y apoyar a los desarrolladores y diseñadores, para que tengan en cuenta la accesibilidad desde el principio, para garantizar que sus videojuegos sean accesibles y que puedan ser utilizados por la mayor cantidad de personas. jugadores como sea posible, con las ventajas que de ello se derivan.

También hay iniciativas que provienen de instituciones gubernamentales. Este es el caso del Gobierno de España, que a través de su Ministerio de Hacienda y Función Pública, ha elaborado una guía de accesibilidad para aplicaciones móviles (Aguado y Estrada, 2017). Esta guía tiene como objetivo ayudar a los desarrolladores/evaluadores de aplicaciones móviles en términos de accesibilidad. Asimismo, este gobierno ha definido que todas las empresas que desarrollen aplicaciones para el sector público deben ser accesibles.

Aunque la mayoría de los videojuegos no son accesibles, hay varios jugadores de videojuegos famosos con discapacidades que han destacado profesionalmente. Es el caso de Sven Van de Wege (Kotaku, 2017) y Ben Breen (Eurogamer, 2016), más conocidos como Blind Warrior y Sightless Kombat respectivamente. Ambos son ciegos y son jugadores de videojuegos de lucha. Otro caso es Adam 'Loop' Bahriz, quien es un jugador de Counter-Strike legalmente ciego y sordo (PCGamesN, 2017). Asimismo, es el caso de Mike Begum, más conocido como BrolyLegs. Mike es un jugador de Texas de 28 años que tiene un desarrollo muscular limitado porque nació con artrogriposis (McFadyen, 2016). Es uno de los mejores jugadores en línea de Chun-Li en Ultra Street Fighter IV. Estas personas no podrían jugar videojuegos si no tuvieran funciones accesibles. Sin

embargo, son una minoría y solo pueden jugar y ser campeones en un conjunto muy limitado de videojuegos.

Por lo tanto, considerando el crecimiento del mercado de los videojuegos móviles, así como la cantidad de personas con discapacidad en el mundo, es importante determinar un método que permita el desarrollo de videojuegos serios móviles accesibles. Este método debe considerar pautas o mejores prácticas para mejorar la accesibilidad en los videojuegos móviles.

1.3. Objetivos

La presente tesis tiene como objetivo general desarrollar la propuesta de un método de desarrollo de videojuegos serios accesibles para las personas con discapacidad. Los objetivos específicos son:

- OE. 1 Recopilar el estado de la cuestión acerca de la accesibilidad en videojuegos serios móviles y analizar su accesibilidad.
- OE. 2 Definir un conjunto de lineamientos de accesibilidad para los videojuegos serios móviles.
- OE. 3 Diseñar un método de desarrollo de videojuegos serios con características de accesibilidad para personas con discapacidad.
- OE. 4 Desarrollar videojuegos serios móviles que sean accesibles para las personas con discapacidad.
- OE. 5 Desarrollar videojuegos serios en línea que sean accesibles para las personas con discapacidad.

Los objetivos expuestos han sido cubiertos en las diferentes publicaciones presentadas a lo largo del programa de doctorado, tanto en revistas indexadas como en congresos arbitrados por pares. En la Tabla 1.1 se puede observar una alineación entre las publicaciones realizadas y los objetivos planteados. Además, las publicaciones se presentan en orden cronológico de publicación.

1.4. Método de trabajo

El primer paso de esta investigación se realizó a través de la identificación de los principales autores y organizaciones cuyos esfuerzos se han relacionado con la accesibilidad en videojuegos. Este objetivo pudo cumplirse abordando las características de accesibilidad en videojuegos para cuatro grupos de discapacidades: visual (Jaramillo-Alcázar y Luján-Mora, 2017), auditiva (Jaramillo-Alcázar y Luján-Mora, 2018), motriz (Jaramillo-Alcázar, Salvador-Ullauri, y Luján-Mora, 2017) y cognitiva (Jaramillo-Alcázar, Luján-Mora, y Salvador-Ullauri, 2017). En estos trabajos se pudo identificar

Objetivo	Publicación asociada	Año
OE. 1	Mobile Serious Games: An Accessibility Assessment for People with Visual Impairments	2017
	Accessibility Assessment of Mobile Serious Games for People with Cognitive Impairments	2017
	A Mobile Serious Games Assessment Tool for People with Motor Impairments	2017
	Inclusive Education: Mobile Serious Games for People with Cognitive Disabilities	2018
	An Approach to Mobile Serious Games Accessibility Assessment for People with Hearing Impairments	2018
OE. 2	Mobile Serious Games: An Accessibility Assessment for People with Visual Impairments	2017
	Accessibility Assessment of Mobile Serious Games for People with Cognitive Impairments	2017
	A Mobile Serious Games Assessment Tool for People with Motor Impairments	2017
	Inclusive Education: Mobile Serious Games for People with Cognitive Disabilities	2018
	An Approach to Mobile Serious Games Accessibility Assessment for People with Hearing Impairments	2018
	Inclusive Education Through Accessible Mobile Serious Games	2020
OE. 3	A Method to Develop Accessible Online Serious Games for People with Disabilities: A Case Study	2020
	An Approach to Accessible Serious Games for People with Dyslexia	2021
	Method for the Development of Accessible Mobile Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorder	2022
OE. 4	An approach to Inclusive Education in Electronic Engineering Through Serious Games	2018
	Towards an Accessible Mobile Serious Game for Electronic Engineering Students with Hearing Impairments	2018
	Catch the Thief: An Approach to an Accessible Video Game with Unity	2020
	An Approach to Accessible Serious Games for People with Dyslexia	2021
	Method for the Development of Accessible Mobile Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorder	2022
OE. 5	A Serious Game to Learn Basic English for People with Hearing Impairments	2019
	A Method to Develop Accessible Online Serious Games for People with Disabilities: A Case Study	2020

Tabla 1.1: Alineación de objetivos versus publicaciones

lineamientos de accesibilidad de nivel básico a avanzado que puedan ser incorporados en videojuegos móviles con el objetivo de volverlos más accesibles para personas con discapacidad. Asimismo, en estos primeros trabajos se propuso un método inicial para evaluar el nivel de accesibilidad de un conjunto de videojuegos serios móviles. Estos videojuegos serios fueron evaluados a través del cumplimiento de los lineamientos determinados permitiendo obtener métrica de su nivel de accesibilidad.

A continuación, y con la ayuda de los trabajos iniciales, se definió un conjunto de lineamientos de accesibilidad para videojuegos móviles (Jaramillo-Alcázar, Criollo-C, y Luján-Mora, 2020). Estos lineamientos se orientaron a brindar un amplio nivel de accesibilidad, así como, determinar una complejidad baja, media y alta para ser implementados por los desarrolladores de videojuegos. En esta ocasión, también se realizó una evaluación de videojuegos serios y adicionalmente se incluyó un análisis con el coeficiente de Kappa para evitar una posible subjetividad en los resultados de los evaluadores. Como resultado final se obtuvo un listado general de lineamientos que abarcan cuatro grupos de accesibilidad en general: visual, auditiva, motriz y cognitiva.

Una vez que se tuvo un panorama más general sobre los lineamientos que pueden ser utilizados para desarrollar videojuegos serios accesibles y con el propósito de cumplir el siguiente objetivo, se realizó una propuesta de método para el desarrollo de videojuegos serios. El método inicial fue orientado para un entorno de desarrollo en línea (Jaramillo-Alcázar, Cortez-Silva, Galarza-Castillo, y Luján-Mora, 2020). En este trabajo se implementó un caso de estudio de un videojuego serio en una plataforma en línea el cual incluía varios lineamientos de accesibilidad, obteniendo como resultado una primera versión de un videojuego serio accesible.

Posteriormente, se realizó un siguiente trabajo en el cual se propuso una adaptación del método inicial para enfocarlo en el desarrollo de videojuegos serios para niños con dislexia (Jaramillo-Alcázar, Venegas, Criollo-C, y Luján-Mora, 2021). En esta ocasión se orientó el método de tal manera que incorporó lineamientos de accesibilidad para personas con discapacidad cognitiva. De igual manera, se desarrolló un caso de estudio pero en esta ocasión implementando una aplicación móvil orientada a mejorar las habilidades de niños con dislexia.

Por último, se propuso una tercera versión del método en un trabajo que se enfocó a niños con autismo (Jaramillo-Alcázar, Arias, Albornoz, Alvarado, y Luján-Mora, 2022). En esta ocasión también se realizó una adaptación del método inicial incorporando lineamientos de accesibilidad específicos para el espectro del autismo. Adicionalmente, en este trabajo se incorporó un método para evaluar la calidad de aplicaciones móviles (Stoyanov y otros, 2015) con el objetivo de validar que la propuesta del caso de estudio presentado cumpla con los parámetros mínimos de calidad de este tipo de aplicaciones.

El cuarto y quinto objetivo fueron definidos para ejecutar iniciativas de videojuegos serios accesibles. Es así que, algunos videojuegos se plantearon a un nivel de incorporación de lineamientos de accesibilidad, mientras que otros se basaron en los métodos propuestos de desarrollo de videojuegos serios accesibles. Las primeras iniciativas de videojuegos serios accesibles se enfocaron en el aprendizaje de los principios de la electrónica (Jaramillo-Alcázar, Guaita, Rosero, y Luján-Mora, 2018a, 2018b). En estos videojuegos se incorporaron algunos lineamientos de accesibilidad como subtítulos, traduc-

1 Introducción

ción a lenguaje de señas, entre otras. Posteriormente, se desarrollaron videojuegos serios para aprender inglés (Fernández, Jaramillo-Alcázar, Galarza-Castillo, y Luján-Mora, 2019) y para conocer sobre el turismo de Ecuador (Flores-Garzón, Intriago-Echeverría, Jaramillo-Alcázar, Criollo-C, y Luján-Mora, 2020). Asimismo, en estas aplicaciones se incorporaron lineamientos de accesibilidad para daltonismo, *text to speech*, entre otras. Por último, se desarrollaron videojuegos serios basados en los métodos propuestos (Jaramillo-Alcázar, Cortez-Silva, y otros, 2020; Jaramillo-Alcázar y otros, 2021; Jaramillo-Alcázar y otros, 2022). Estos videojuegos se enfocaron en el aprendizaje de la arquitectura del computador, en una terapia para niños con dislexia y un apoyo para la comunicación de niños con autismo.

Finalmente, se observa que en la Tabla 1.1 se muestra la alineación de cada objetivo con las publicaciones realizadas a lo largo de la investigación.

1.5. Trabajo desarrollado

El trabajo realizado en la presente investigación se enfoca en tres aspectos fundamentales. El primero es la identificación de las características de diferentes tipos de discapacidades: visual, auditiva, motriz y cognitiva, en el entorno de los videojuegos serios. El segundo es la definición de lineamientos de accesibilidad para el desarrollo de videojuegos serios. El tercero es la identificación y aplicación de un método de desarrollo de videojuegos serios accesibles para personas con discapacidad.

1.5.1. Caracterización de las discapacidades y videojuegos serios

Como parte de esta investigación se analizaron varios elementos relacionados al desarrollo de videojuegos móviles para personas con discapacidad. En años anteriores, la comunidad científica no prestó mucho interés a la accesibilidad de los videojuegos por lo que no se habían propuesto pautas para el desarrollo de videojuegos accesibles. Las pautas, en su mayor parte, provienen de grupos de desarrollo de videojuegos que enfocan su trabajo en proponer funciones de accesibilidad para que las personas con discapacidad tengan la oportunidad de aprender y divertirse a través de los videojuegos.

Hay varias discapacidades que se pueden analizar. Sin embargo, las principales se identifican con las áreas visual, auditiva, motora y cognitiva del cuerpo humano. Varias pautas de accesibilidad para el desarrollo de videojuegos móviles fueron analizadas según estas cuatro principales discapacidades: visual (Jaramillo-Alcázar y Luján-Mora, 2017), auditiva (Jaramillo-Alcázar y Luján-Mora, 2018), motriz (Jaramillo-Alcázar y otros, 2017) y cognitiva (Jaramillo-Alcázar y otros, 2017). Estas discapacidades se describen a continuación junto con las diferentes características principales de las mismas.

1.5.1.1. Discapacidad visual

En 2010, alrededor de 285 millones de personas tenían algún tipo de discapacidad visual, y de estos, 39 millones eran ciegos (World Health Organization, 2016b). Según

la Clasificación Internacional de Enfermedades de la OMS (World Health Organization, 2011), la función visual se divide en cuatro niveles de gravedad:

- Visión normal.
- Discapacidad visual moderada.
- Discapacidad visual severa.
- Ceguera.

Tanto la discapacidad visual moderada como la discapacidad visual grave se agrupan bajo el término *baja visión*; la baja visión y la ceguera juntas representan el número total de casos de discapacidad visual (World Health Organization, 2016b). Otra alteración de la visión es *daltonismo*, que se define como la incapacidad para detectar ciertos colores o distinguir correctamente entre rojo y verde o amarillo y azul (Colour Blind Awareness, 2010). Por lo general, la persona con daltonismo percibe el mundo como tonos de gris.

Hay videojuegos que son accesibles para personas con discapacidad visual. Este es el caso de los videojuegos basados en texto como la serie Zork (Anderson, Blank, Daniels, y Lebling, 2014) o los videojuegos enfocados en audio como GMA Tank Commander (AudioGames.net, 2017). El primero se puede jugar sin necesidad de imágenes y el segundo promueve un videojuego que se centra principalmente en lo que los jugadores pueden escuchar en lugar de ver. También existen videojuegos accesibles para dispositivos móviles. Este es el caso de Zany Touch (Creative Logic Entertainment, 2014), que tiene funciones integradas con la tecnología de lectura de pantalla VoiceOver de Apple. Esta característica permite que el videojuego pueda ser utilizado por personas ciegas o con problemas de visión.

1.5.1.2. Discapacidad auditiva

Además, en 2010, alrededor de 360 millones de personas en todo el mundo tenían pérdida auditiva discapacitante, y 32 millones de ellos eran niños (World Health Organization, 2016b). Según (World Health Organization, 2016a), hay cuatro grados de discapacidad auditiva basados en una escala de decibelios que representa la pérdida auditiva:

- Pérdida auditiva leve/leve (26 - 40dB).
- Pérdida auditiva moderada (41 - 60dB).
- Pérdida auditiva severa (61 - 80dB).
- Pérdida auditiva profunda (más de 81dB).

Las personas con pérdida auditiva leve, moderada y severa se agrupan bajo el término *dificultades auditivas*, mientras que las personas con audición profunda son *sordas*. Am-bos, hipoacúsicos y sordos juntos representan el número total de casos de discapacidad auditiva (World Health Organization, 2016b).

1 Introducción

Existen videojuegos accesibles para personas con discapacidad auditiva. Este es el caso de Memosign (Bouزيد, Khenissi, y Jemni, 2015) y Robostar (Özkul, Köse, Yorgancı, y Ince, 2014), los cuales son videojuegos que promueven el aprendizaje del lenguaje de señas. Existen videojuegos móviles que cuentan con funciones de accesibilidad para personas con discapacidad auditiva. Her Interactive, por ejemplo, es una empresa de videojuegos que incluye subtítulos ya veces sonidos subtitulados en la mayoría de los videojuegos que desarrolla. Otro caso es Nancy Drew: Ghost of Thornton Hall (Her Interactive, 2014) que incluye subtítulos en todas las conversaciones sobre videojuegos. Esto permite que los videojuegos sean utilizados por personas sordas o con problemas de audición.

1.5.1.3. Discapacidad motriz

Según la Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud (*International Classification of Functioning, Disability and Health*, ICF) (World Health Organization, 2001), las estructuras corporales relacionadas con el movimiento se dividen de la siguiente manera:

- Estructura de la región de cabeza y cuello.
- Estructura de la región del hombro.
- Estructura de la extremidad superior.
- Estructura de la región pélvica.
- Estructura de la extremidad inferior.
- Estructura del tronco.

Estas estructuras corporales dan lugar a algunas discapacidades motrices, tales como: tetraplejia, paraplejia, entre otras. Existen videojuegos accesibles para personas con discapacidad motora. En un estudio (Pinheiro, Alves, Romero, y de Souza, 2016), los autores proponen un videojuego simulador de silla de ruedas controlado por una interfaz cerebro-computadora para capacitar a personas con discapacidad motora. En otro estudio (Norte y Lobo, 2008), se presenta un sudoku desarrollado para personas con discapacidad motora.

1.5.1.4. Discapacidad cognitiva

Así también, la ICF divide las funciones mentales en globales y específicas (World Health Organization, 2001). Las funciones mentales globales consideran funciones como: conciencia, orientación, intelectual, psicosocial global, temperamento y personalidad, energía e impulso, sueño y otras especificadas y no especificadas. En cambio, las funciones mentales específicas tienen en cuenta las siguientes funciones: atención, memoria, psicomotoras, emocionales, perceptivas, de pensamiento, cognitivas de nivel superior, lenguaje, cálculo, secuenciación de movimientos complejos, experiencia de uno mismo y del tiempo, y otras especificadas y no especificadas.

Estas funciones mentales dan lugar a algunos trastornos cognitivos, tales como: autismo, síndrome de Down, daño cerebral traumático, trastorno por déficit de atención, pérdida de memoria, dislexia, discalculia y problemas de aprendizaje en general. Hay videojuegos que son accesibles para personas con discapacidades cognitivas. Este es el caso de *Junk-Food Destroyer*, un videojuego para ayudar a los adolescentes con síndrome de Down a entender la alimentación saludable (Hatzigiannakoglou, 2015). También *Collaborative Puzzle Game* (Battocchi y otros, 2010) y *MADRIGALE* (Tore, Tore, Ludovico, y Mangione, 2014) son videojuegos para fomentar habilidades colaborativas en niños con trastornos del espectro autista y para promover el entrenamiento fonológico en niños disléxicos, respectivamente.

Estos ejemplos nos permiten comprender la importancia de la accesibilidad en el desarrollo de videojuegos y sobre todo el impacto que pueden generar en las personas con discapacidad. La variedad de tipos de discapacidades que existen hace necesario trabajar en pautas de accesibilidad específicas para cada discapacidad.

1.5.2. Videojuegos serios

El crecimiento de las personas con discapacidad ha dado lugar a iniciativas que promueven la accesibilidad como una característica importante en el mundo que nos rodea (AIS - Accessibility Indicator System, 2019) y los videojuegos serios no son la excepción. Los videojuegos serios son una categoría de videojuegos diseñados con el propósito de apoyar el proceso educativo (Michael y Chen, 2005). *Serious games* es el término más aplicable y alineado con lo que se pretende lograr con este proyecto. Consiste en dar la característica de “serio” a un videojuego utilizando técnicas lúdicas (puntuaciones, niveles, premios). Esta técnica permite diseñar videojuegos que tienen como objetivo enseñar algún tema específico y no solo entretener. Por ejemplo, “NoCredit, GameOver!” (NCGO) es un videojuego móvil para enseñar a los jugadores cómo reducir sus deudas (Huizenga, Admiraal, ten Dam, y Voogt, 2019). Son muchas las áreas del conocimiento donde se han aplicado los videojuegos serios: medicina (Rodríguez-Andrés, Juan, Mollá, y Méndez-López, 2017), ingeniería (Callaghan, Savin-Baden, McShane, y Eguíluz, 2017), formación y educación (Furuichi, Aibara, y Yanagisawa, 2014), programación (Jordine, Liang, y Ihler, 2014), negocios e industria (Riedel y Hauge, 2011), educación en enfermería (Tan, Lau, y Liaw, 2017), entre otros.

Se han invertido muchos esfuerzos en la creación y desarrollo de videojuegos serios. Sin embargo, todavía existe un vacío en el campo de la accesibilidad de esas iniciativas (Torres-Carazo, Rodríguez-Fórtiz, y Hurtado, 2016). Esta brecha puede ser mitigada a través de los videojuegos serios utilizados en diferentes plataformas y aplicados a la educación de personas con discapacidad (de Urturi, Zorrilla, y Zapirain, 2011).

Recientemente, varias iniciativas para diseñar videojuegos serios accesibles han cobrado fuerza e importancia. Así, en un estudio (Jaramillo-Alcázar, Guaita, y otros, 2018b) hemos presentado un *serious game* para personas con discapacidad auditiva, para aprender los principios básicos de la electrónica y la electricidad. Además, en el trabajo (Fernández y otros, 2019) hemos propuesto un videojuego serio que considera temas para la inclusión de personas con discapacidad visual. Sin embargo, estos trabajos han demostrado que incorporar pautas de accesibilidad en cualquier tipo de

videojuego es un desafío y exige ser explorado.

1.5.3. Análisis de lineamientos de accesibilidad para videojuegos serios

Teniendo en cuenta todas estas discapacidades, es importante determinar los parámetros de accesibilidad que se deben considerar para el desarrollo de videojuegos serios. Existen organismos que definen pautas de accesibilidad a aplicar en diferentes plataformas. El Consorcio World Wide Web (*World Wide Web Consortium*, W3C) define, a través de las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web (*Web Content Accessibility Guidelines*, WCAG) 2.1 (World Wide Web Consortium, 2018), una amplia variedad de recomendaciones para mejorar la accesibilidad de las aplicaciones en diferentes tipos de dispositivos: computadoras de escritorio, portátiles, tabletas y móvil. WCAG 2.1 proporciona cuatro niveles de orientación:

- *Principios*: Hay cuatro principios de accesibilidad: perceptible, operable, comprensible y robusto.
- *Pautas*: Debajo de los principios hay pautas. Hay trece pautas que proporcionan los objetivos básicos para hacer los contenidos más accesibles a los usuarios con diferentes discapacidades.
- *Criterios de éxito*: Hay un criterio de éxito para cada directriz que podría utilizarse cuando los requisitos y las pruebas de conformidad sean necesarios. Se definen tres niveles de conformidad: A (el más bajo), AA y AAA (el más alto).
- *Técnicas Suficientes y Asesoras*: Para cada una de las pautas y criterios de éxito existe una amplia variedad de técnicas. Estas técnicas pueden ser suficientes o aconsejables. Suficiente para cumplir con los criterios de éxito y asesoramiento para ir más allá de lo que exigen los criterios de éxito individuales y para abordar mejor las directrices.

Las pautas y criterios de éxito se estructuran de acuerdo con los cuatro principios y también definen las bases necesarias para que cualquier persona pueda acceder y utilizar los contenidos de la web. Los usuarios con discapacidad no podrán utilizar la web si no se cumple alguna de las siguientes condiciones:

1. *Perceptible*: Los usuarios deben ser capaces de percibir la información y los componentes de la interfaz de usuario de diferentes maneras.
2. *Operable*: Los usuarios deben poder operar la interfaz de usuario y los componentes de navegación.
3. *Comprensible*: Los usuarios deben ser capaces de comprender la información y el funcionamiento de la interfaz de usuario.
4. *Robusto*: Los usuarios deben poder acceder al contenido a medida que avanza la tecnología.

Tabla 1.2: Lineamientos y criterios de éxito por principio (WCAG 2.1)

	Perceptible	Operable	Comprensible	Robusto
Lineamientos	4	5	3	1
Criterios de éxito	29	29	17	3
Criterios de éxito para dispositivos móviles	4	5	6	3

WCAG 2.1 incluye pautas que abordan los problemas particulares de las personas con discapacidad. Es decir, aquellas que bloquean o interfieren en el acceso a la web de forma más severa a las personas con discapacidad. Sin embargo, el W3C en su borrador (World Wide Web Consortium, 2016), desarrollado por Mobile Accessibility Task Force (Mobile A11Y TF), describe cómo se pueden aplicar las WCAG y sus principios, directrices y criterios de éxito al contenido web móvil, la web móvil aplicaciones, aplicaciones nativas y aplicaciones híbridas que usan componentes web dentro de aplicaciones nativas. Teniendo esto en cuenta, presentamos en Table 1.2 el número de pautas y criterios de éxito para cada principio de WCAG 2.1, incluidos aquellos que se pueden aplicar en dispositivos móviles.

Por otro lado, existen algunos grupos de desarrolladores de videojuegos que proponen pautas de accesibilidad. A continuación se presenta una descripción de aquellos autores que han sido considerados representativos para este trabajo.

La Fundación AbleGamers explica algunas funciones de accesibilidad importantes que se pueden incluir en un videojuego en (The AbleGamers Foundation, 2012). Definir tres niveles de accesibilidad, desde un escenario mínimo hasta uno ideal:

- *Nivel uno (Bueno)*: Nivel mínimo, muchas cosas ya están incluidas como práctica estándar.
- *Nivel dos (Mejor)*: Mezclar la necesidad de una mayor accesibilidad y la facilidad de implementación.
- *Nivel tres (Mejor)*: Nivel máximo, resultado de cubrir todas las barreras de accesibilidad.

Este estudio presenta varias pautas de accesibilidad en función de la discapacidad. Estos parámetros cubren desde elementos de accesibilidad básicos hasta avanzados que deben tenerse en cuenta en el desarrollo de videojuegos. Este estudio también presenta una sección que describe seis pautas específicas para la accesibilidad de los videojuegos móviles:

- *Touch*: Permite presionar la mayor área posible en caso de sacudidas involuntarias, temblores o golpes de baja precisión.
- *Multi-touch*: Si el videojuego requiere presionar varios lugares al mismo tiempo, agrúpelos para presionar los botones simultáneamente.

1 Introducción

- *Botones alternativos*: Si el videojuego requiere una función especial, como tocar la parte posterior del dispositivo, girarlo, etc., permita que se utilicen medios alternativos para lograr el mismo objetivo.
- *Contraste alto*: Es importante que las personas con discapacidades visuales vean áreas importantes del videojuego y los menús de navegación.
- *Opciones para daltónicos*: Es conveniente que el videojuego móvil tenga opciones para aquellos con discapacidad de color o daltónicos.
- *Configuración de velocidad*: Es adecuado que el videojuego tenga la capacidad de ralentizar el juego para permitir que el jugador juegue a un ritmo cómodo para sus necesidades.

Por otro lado, la Asociación Internacional de Desarrolladores de Juegos (*International Game Developers Association*, IGDA) con su Grupo de Interés Especial en Accesibilidad de Juegos, describe la importancia y los beneficios de los videojuegos accesibles (International Game Developers Association (IGDA) | Game Accessibility SIG, 2004). Entre ellos, los más destacados son: la satisfacción del usuario, llegar a la mayor audiencia posible y la oportunidad de aprender nuevas habilidades.

Las Pautas de Accesibilidad de Juegos (Game Accessibility Guidelines, 2013) proponen una lista de parámetros para el desarrollo de videojuegos para personas con discapacidades. Para la propuesta de lineamientos se definen tres categorías: básica, intermedia y avanzada. Estos niveles intentan equilibrar la cantidad de personas que se benefician, el impacto o la diferencia que se genera para esas personas y el costo de implementación. En este documento también se proporciona una guía paso a paso para trabajar con estas pautas.

Finalmente, la empresa MediaLT en su proyecto UPS de accesibilidad de videojuegos define una lista de pautas para el desarrollo de software de entretenimiento para personas con discapacidades (MediaLT, 2004). Esta empresa determina cinco categorías: nivel/progresión, entradas, gráficos, sonidos, instalación y configuración, las cuales tienen algunas pautas a tener en cuenta.

Una vez recopilada y revisada toda esta información, presentamos en la Tabla 1.3 un resumen de los autores y el número de sus respectivas guías para cada discapacidad.

Todos estos trabajos se han propuesto de forma aislada y cada grupo o desarrollador que se ha interesado en dotar de accesibilidad en videojuegos para personas con discapacidad no ha definido un modelo de evaluación de la accesibilidad. Todas las iniciativas se han mantenido como buenas prácticas y por ello se ha vuelto importante y necesaria la propuesta de una herramienta de evaluación de la accesibilidad para videojuegos y especialmente para videojuegos móviles.

A continuación, analizaremos las pautas de los videojuegos en dispositivos móviles para personas con discapacidad. Es importante tener en cuenta que la mayoría de las pautas provienen de grupos de desarrollo de videojuegos. Han centrado su trabajo en proponer buenas prácticas que brinden la oportunidad a las personas con discapacidad de adentrarse en este mundo y divertirse. Asimismo, se determinarán las que se requieran en los dispositivos móviles y sus respectivos niveles.

Tabla 1.3: Lineamientos por autor y discapacidad

Autor	Categoría	Visual	Auditiva	Motriz	Cognitiva
AbleGamers (A1)	Nivel Uno	5	1	3	3
	Nivel Dos	3	2	9	2
	Nivel Tres	2	2	2	5
	Juegos Móviles			*6	
WCAG 2.1 (A2)	Perceptible			*4	
	Operable			*5	
	Comprensible			*6	
	Robusto			*3	
IGDA (A3)	Ninguna	18	8	9	9
Game Accessibility Guidelines (A4)	Básico	6	3	5	7
	Intermedio	13	10	12	15
	Avanzado	9	2	4	5
MediaLT (A5)	Nivel/ Progresión			*6	
	Entradas			*4	
	Gráficos			*5	
	Sonidos			*6	
	Instalación y Configuración			*4	

Nota: El ‘*’ indica que el lineamiento no especifica la discapacidad.

Una vez que hemos presentado una descripción general de las pautas de accesibilidad, es necesario analizarlas y agruparlas en una categorización. Los duplicados se eliminarán como parte del proceso.

En primer lugar, consideramos oportuno proponer categorías de accesibilidad. Estas categorías agruparán los lineamientos de acuerdo a la complejidad de su aplicación y el beneficio que brindan a las personas con discapacidad. La perspectiva de la complejidad se da desde el punto de vista del desarrollador, mientras que el beneficio se define por la vista del jugador.

Se revisan las categorías y lineamientos propuestos por los autores citados y se llega a la definición de tres categorías o niveles. Se proponen tres niveles considerando que al ser una primera versión de la herramienta de evaluación es necesario poder diferenciar los niveles más simples de cumplimiento de la accesibilidad: bajo, medio y alto. Estas

1 Introducción

categorías cubren la gama completa de directrices que se han considerado:

- *Nivel bajo - Bueno*: Se refiere a la complejidad de implementación simple y buenas funciones de accesibilidad.
- *Nivel Medio - Mejor*: Se refiere a una complejidad de implementación media y mejores características de accesibilidad.
- *Alto Nivel - Mejor*: Se refiere a una alta complejidad de implementación y las mejores características de accesibilidad.

Una vez definidos los niveles, se analiza cada directriz para asignarle el nivel adecuado. En este proceso, es importante evaluar la facilidad de implementación y el beneficio para las personas con discapacidad.

Con los lineamientos mapeados en su respectiva categoría, se procede a eliminar los duplicados existentes. El proceso de eliminación de duplicados se realiza comparando cuidadosamente las descripciones de cada pauta. Cada autor maneja su propio lenguaje descriptivo y es necesaria una revisión minuciosa de cada directriz.

Tras este análisis, se procede a verificar aquellas pautas que se pueden utilizar para la valoración de los videojuegos móviles. Este proceso se lleva a cabo teniendo en cuenta las características y la naturaleza de los dispositivos móviles, por ejemplo, las características de accesibilidad de Android (Android Developers, 2017) y iOS (Apple Developer, 2017).

Una vez identificadas todas las posibles pautas de accesibilidad para dispositivos móviles, se realizó un mapeo de cada una respecto a la discapacidad que beneficia y el autor que la considera como pauta de accesibilidad. Los resultados se presentan en la Tabla 1.4.

En la Tabla 1.4 podemos ver que existen pautas que benefician una o varias discapacidades: Visual (V), Auditiva (H), Motora (M) y Cognitiva (C). Esto nos permite identificar el impacto general de cada directriz: bajo (28), medio (14) o alto (10). Los tres niveles de impacto se definen como:

- **Bajo**: cuando la directriz es aplicable para una sola discapacidad.
- **Medio**: cuando la directriz es aplicable para dos o tres discapacidades.
- **Alto**: cuando la directriz es aplicable para todas las discapacidades.

1.5.4. Método de desarrollo de videojuegos serios accesibles

En este apartado se presenta el método para desarrollar videojuegos serios accesibles para personas con discapacidad. El modelo utilizado para la recopilación de requisitos y documentación del diseño de un videojuego serio es el propuesto por Rogers (2014). Este modelo detalla la forma de definir todos los aspectos que componen y diferencian un videojuego de cualquier otro software y cómo diseñar uno ordenado.

Sin embargo, el método propuesto amplía el alcance del modelo utilizado por Rogers para trascender el campo de la accesibilidad (Jaramillo-Alcázar, Cortez-Silva, y otros,

Tabla 1.4: Lineamientos para videojuegos móviles por discapacidad y autor

Guideline	C/B	I	A1	A2	A3	A4	A5
G1. Accessible menus	L	V, M, C	•	•		•	
G2. Allow interfaces to be resized	L	V	•	•		•	
G3. Alternative configurations	L	M	•		•	•	•
G4. Appropriate words-per-minute	L	H				•	
G5. Camera controls	L	M	•				
G6. Color-blind options	L	V	•		•		
G7. Customizable fonts (color, sizes)	L	V, H, M, C	•	•	•	•	
G8. Enemy marking	L	V	•		•		
G9. In-game tutorials	L	V, H, M, C	•		•	•	
G10. Adequate distributed virtual controls	L	V, M			•	•	
G11. No essential information is conveyed by a text or audio alone	L	V, H		•	•	•	
G12. Switch on / off graphic elements	L	V, H, C				•	•
G13. Sandbox modes	L	C	•			•	
G14. Subtitles	L	H, C	•	•	•	•	
G15. Use simple language	L	V, H, M, C		•		•	•
G16. Vibratory alerts	L	V, H, M, C				•	
G17. Alternative sound files setup	M	H, C			•		
G18. Ambient noise as text output	M	H	•	•			
G19. Assists (aim, drive, puzzle, etc)	M	M	•			•	
G20. Background noise to minimum during speech	M	H				•	
G21. Click-to-move / Mouse-to-Move	M	M	•				
G22. Controls reminder during gameplay	M	C				•	
G23. Customized head-up display	M	V	•				
G24. High-contrast mode	M	V			•	•	•
G25. Macroability	M	M	•				
G26. No essential information outside the player's eye-line	M	V, H				•	
G27. Objectives reminder during gameplay	M	C				•	
G28. Pause while text is being readed	M	V, H, M, C		•			•
G29. Possibility for repetition	M	V, H, M, C					•
G30. Save points	M	M	•				
G31. Save settings	M	V, H, M, C				•	•
G32. Sensitivity sliders	M	M	•				
G33. Simple evaluation system grades	M	H, C				•	
G34. Training levels	M	C	•				
G35. Use explicit visual / auditory feedback	M	V, H					•
G36. Use explicit visual rewards	M	H, M, C				•	
G37. Visual indication of who is currently speaking	M	H				•	
G38. Adjustable sensitivity / error tolerance	H	V, H, M, C		•		•	•
G39. Auto aim, ability to lock on a target	H	V, M, C			•		
G40. Auto-pass	H	C	•				
G41. Input devices	H	M	•		•	•	•
G42. No 3D graphics mode	H	V			•		
G43. No timing essential to gameplay	H	M				•	
G44. Simple to difficult progression	H	V, H, M, C	•		•		•
G45. Provide a stereo / mono toggle	H	H					
G46. Provide separate volume controls	H	V, H, C		•		•	
G47. Text to speech capability	H	V, C	•	•	•		
G48. Sign language	H	H		•	•		
G49. Sound compass o voiced GPS	H	V, H			•	•	
G50. Speed settings	H	V, H, M, C	•			•	•
G51. Vertically or horizontally orientation	H	M		•		•	
G52. Controls compatible with assistive technology	H	M				•	

C/B corresponde a Complejidad/Beneficio, I para Discapacidad y A1 hasta A5 corresponde a los autores como se especifica en la tabla 1.3

2020; Jaramillo-Alcázar y otros, 2021; Jaramillo-Alcázar y otros, 2022). Nuestro método busca incorporar pautas de accesibilidad con el objetivo de crear un precedente en el desarrollo de videojuegos serios y que los desarrolladores de este tipo de videojuegos

1 Introducción

lo utilicen como una buena práctica en cada uno de sus proyectos de software.

En la Figura 1.1 se presentan los elementos que se proponen en el método. En las siguientes secciones se describe con detalle cada uno de los elementos.



Figura 1.1: Esquema del Método de desarrollo de videojuegos serios.

1.5.4.1. Información general del videojuego serio

Esta sección contiene la información general del videojuego serio:

- **Título del videojuego:** Un nombre para el videojuego serio.
- **Sistemas de videojuego previstos:** Las plataformas en las que se puede jugar el videojuego serio (móvil, consola, PC, etc.).
- **Requisitos del sistema:** Los requisitos mínimos que son necesarios para ejecutar el videojuego serio. Incluye la conexión de velocidad a Internet.
- **Edad objetivo de los jugadores:** El perfil y la edad del usuario recomendado para el videojuego serio.

1.5.4.2. Esquema del videojuego serio

Esta sección identifica el o los elementos con los que interactúa el jugador para llevar a cabo los diferentes desafíos del videojuego serio.

- **Resumen de la historia del videojuego:** Describe una reseña sobre la historia que el videojuego serio quiere contar. Debe cubrir los detalles necesarios para comprender el videojuego serio a través de una redacción precisa y breve.

- **Flujo del videojuego:** Describe brevemente el flujo de la acción del videojuego en el contexto de las ubicaciones en las que estará el jugador. El flujo del videojuego debe describir información como: los desafíos que se presentarán, las recompensas por resolver los desafíos, la jugabilidad en la historia y las condiciones para ganar el videojuego.

1.5.4.3. Experiencia del videojuego serio

Esta sección permite identificar el tipo de experiencia que ofrecerá el videojuego serio al jugador, por ejemplo, los niveles que incorpora.

- **Personajes:** En este punto se debe hacer una descripción detallada de las características de los personajes de los videojuegos serios. Las siguientes preguntas pueden ayudar a definir los personajes:
 - ¿Cómo se verán los personajes?
 - ¿Qué habilidades tendrán los personajes?
 - ¿Cómo se relacionarán los personajes con la historia del videojuego?

Las respuestas a estas preguntas deben incluir todos los parámetros relevantes necesarios para la implementación de los personajes en el videojuego serio.

- **Objetos:** El videojuego serio podría contener varios objetos decorativos e interactivos. En esta sección, es importante describir cada objeto que el desarrollador incluirá en el videojuego serio y definir sus características.
- **Directrices de Uso:** Esta sección debe cubrir detalles que serán importantes para que los lectores entiendan qué requisitos tecnológicos serán necesarios para ejecutar el videojuego serio (hardware y software). Cada plataforma define sus controles y botones para movilidad o funciones.

1.5.4.4. Mecánica del videojuego serio

Esta sección describe la información relacionada con la jugabilidad del videojuego serio. Según Rogers (2014), se considera una mecánica a los elementos con los que un jugador interactúa para crear objetos o ayudarse mutuamente a superar desafíos.

- **Enemigos:** En muchos videojuegos se considera enemigos a los villanos que buscan derrotar al protagonista del videojuego para que este no logre la victoria. Sin embargo, los desafíos o situaciones que dificultan el avance o el final exitoso de un videojuego también pueden ser considerados como enemigos.
- **Multijugador:** La función multijugador permite al usuario generar habilidades de trabajo en equipo y en el ámbito educativo puede desarrollar habilidades de aprendizaje colaborativo. Una de las ventajas de un videojuego serio online es que la función multijugador puede trascender fronteras y generar lazos interculturales.

1 Introducción

- **Monetización:** Esta característica puede cambiar según el enfoque de los videojuegos serios. Una gran cantidad de videojuegos en línea son gratuitos y obtienen ganancias de otras formas, como a través de la publicidad. Sin embargo, siempre queda la alternativa de proponer un videojuego serio que incluya pagos por algunas de sus funcionalidades.

1.5.4.5. Accesibilidad del videojuego serio

Esta sección presenta las pautas de accesibilidad que se deben incorporar en el videojuego serio en función de la discapacidad. Dependiendo de las discapacidades a abordar se deben incluir los lineamientos propuestos en la Tabla 1.4.

1.5.4.6. Arquitectura del videojuego serio

Esta sección describe la arquitectura tecnológica que soportará toda la interacción de los elementos del videojuego serio.

Es importante resaltar que el método propuesto es flexible y permite seleccionar los elementos más pertinentes en el desarrollo de cada tipo de aplicación. Esto dependerá del tipo de videojuego serio que se esté diseñando e incluso de las características de accesibilidad requeridas.

1.5.4.7. Evaluación de la calidad de la aplicación

La usabilidad es un atributo importante de la calidad de las aplicaciones móviles. Por esta razón, se han desarrollado diferentes métodos para especificar el nivel de usabilidad y calidad que pueden tener las aplicaciones móviles (Paz, Villanueva, Rusu, Roncagliolo, y Pow-Sang, 2013). Uno de estos métodos es la escala de calificación de aplicaciones móviles (*Mobile Application Rating Scale*, MARS). MARS es una herramienta diseñada para evaluar el uso eficiente de las aplicaciones móviles de salud. MARS se desarrolló para determinar los criterios de calidad de las aplicaciones (Stoyanov y otros, 2015) y se ha utilizado en varios estudios (Kalhori, Hemmat, Noori, Heydarian, y Katigari, 2020; Larco, Carrillo, Chicaiza, Yanez, y Luján-Mora, 2021; Larco, Peñafiel, Yanez, y Luján-Mora, 2021; Lebeau, Huey, y Hart, 2019). La escala MARS evalúa la calidad de la aplicación en cuatro dimensiones y 18 preguntas, con una calificación similar a la escala de Likert, es decir, "1. Inadecuado" a "5. Excelente". Las cuatro dimensiones y sus correspondientes elementos se describen a continuación:

- **Compromiso:** entretenimiento, interés, personalización, interactividad y grupo objetivo;
- **Funcionalidad:** rendimiento, facilidad de uso, navegación y diseño de gestos;
- **Estética:** diseño, gráficos y atractivo visual;
- **Información:** Precisión de la descripción de la aplicación, objetivos, cantidad, calidad de la información, información visual y credibilidad.

1.5.5. Caso de estudio

En este apartado se presenta el caso de estudio de SimpleTEA. SimpleTEA es un videojuego serio enfocado en la comunicación y lenguaje de niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA), es decir una herramienta de apoyo para niños no verbales. También es importante recalcar el hecho de que SimpleTEA está orientado a ser un videojuego serio, esto implica que su objetivo no es solo entretenimiento, en realidad lo que la aplicación intenta promover es una habilidad educativa, y potenciar un cambio de comportamiento (Blumberg, Almonte, Anthony, y Hashimoto, 2012; Govender, Bowen, German, Bulaj, y Bruggers, 2015; Lau, Smit, Fleming, y Riper, 2017), que en este caso es la comunicación.

A continuación se muestran los elementos que forman parte del método serio de desarrollo de videojuegos. Cada elemento hace referencia a nuestros trabajos desarrollados previamente (Jaramillo-Alcázar, Cortez-Silva, y otros, 2020).

1.5.5.1. Información general del videojuego serio

- **Título del videojuego:** SimpleTEA. Es una aplicación que nace de la unión de la palabra “Simple” y TEA “Trastorno de Espectro Autista”.
- **Sistemas de videojuego previstos:** SimpleTEA permite los siguientes sistemas:
 - Android OS desde la versión 4.0.3 en adelante;
 - iOS desde la versión 8 en adelante.
- **Requisitos del sistema:** Los requisitos mínimos que requiere un celular para ejecutar SimpleTEA son:
 - 1 GB de RAM mínimo;
 - 100 MB de espacio de almacenamiento como mínimo.

Finalmente, es importante mencionar que se requiere una conexión a Internet para que la aplicación funcione correctamente.

- **Edad objetivo de los jugadores:** SimpleTEA se recomienda para mayores de 5 años. El videojuego está destinado a ser utilizado para la comunicación y también la educación.

1.5.5.2. Esquema del videojuego serio

- **Resumen de la historia del videojuego:** SimpleTEA está diseñado para operar solo en un entorno móvil. El videojuego esencialmente tiene un módulo de registro e inicio de sesión como se muestra en la Figura 1.2.

La versión actual solo está disponible en español, sin embargo, está lista para ser traducida a otros idiomas. Incluso en las cifras, se ha incluido la traducción de los textos al inglés. Una vez registrado, dentro de la aplicación, el usuario tendrá acceso al videojuego como tal, así como a las secciones de comunicación y la lista de niños ingresados al videojuego.

1 Introducción

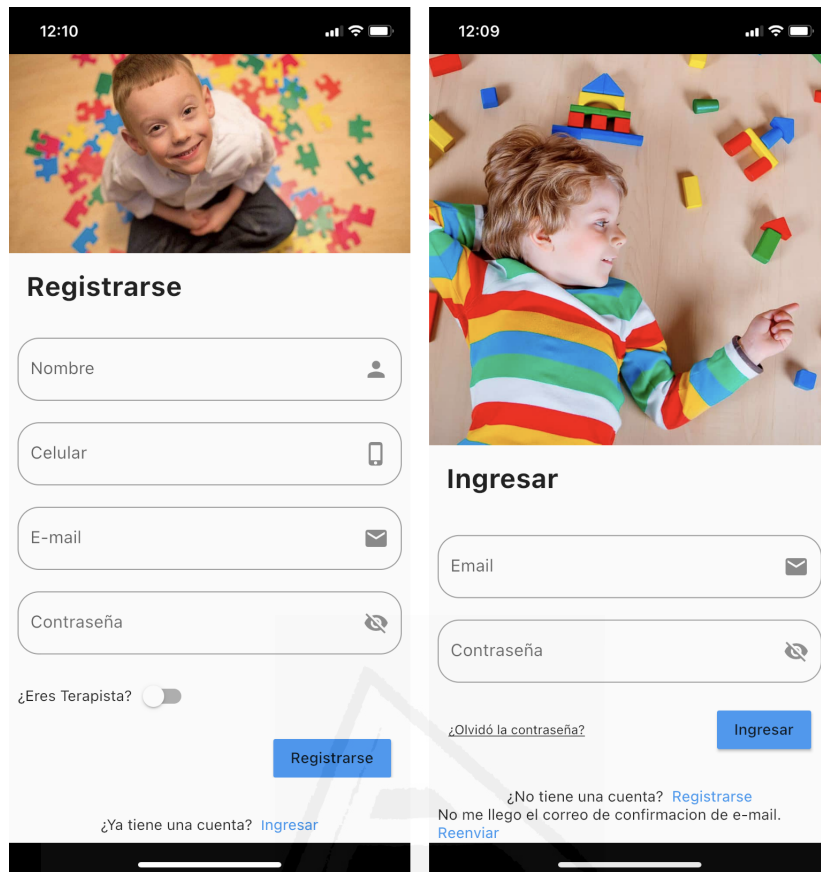


Figura 1.2: Pantallas de registro e inicio de sesión.

- **Flujo del videojuego:** La Figura 1.3 representa un diagrama que detalla el funcionamiento del videojuego y el orden en que se debe usar la aplicación para obtener mejores resultados:



Figura 1.3: Flujo de videojuego serio: (1) Registro, (2) Iniciar sesión, (3) Crear un niño, (4) Jugar, (5) Resultados, (6) Comunicación.

A continuación, describiremos el script que seguirá de acuerdo a lo que se muestra en este diagrama:

- 1 Registro:** Es lo primero que debe hacer el usuario para utilizar la aplicación, es un módulo de registro común en el que se requerirán nombres, número de teléfono móvil, cuenta de correo electrónico y una contraseña. También hay un interruptor de terapeuta. En caso de que el usuario sea un terapeuta, el interruptor debe estar encendido y, luego, el administrador validará si el usuario es un terapeuta o no. Es importante mencionar el hecho de que también se enviará un correo electrónico de validación para evitar cuentas

falsas. El rol de terapeuta se determina para el profesional de la salud que estará a cargo del seguimiento del niño y generará las sesiones de terapia; asimismo, el usuario tendrá acceso a los informes para verificar los resultados de cada una de las sesiones.

- 2 **Inicio de sesión:** Este elemento aparece después de que el usuario se registró en la aplicación y validó la cuenta de correo electrónico, se deben ingresar las credenciales y la aplicación se abrirá automáticamente.
- 3 **Crear un niño:** Esta sección es obligatoria para comenzar a jugar, no hay forma de jugar sin crear un niño. La información solicitada es la edad y el nombre del niño, y también el nombre del terapeuta que está tratando al niño. Esto se evidencia en la Figura 1.4.

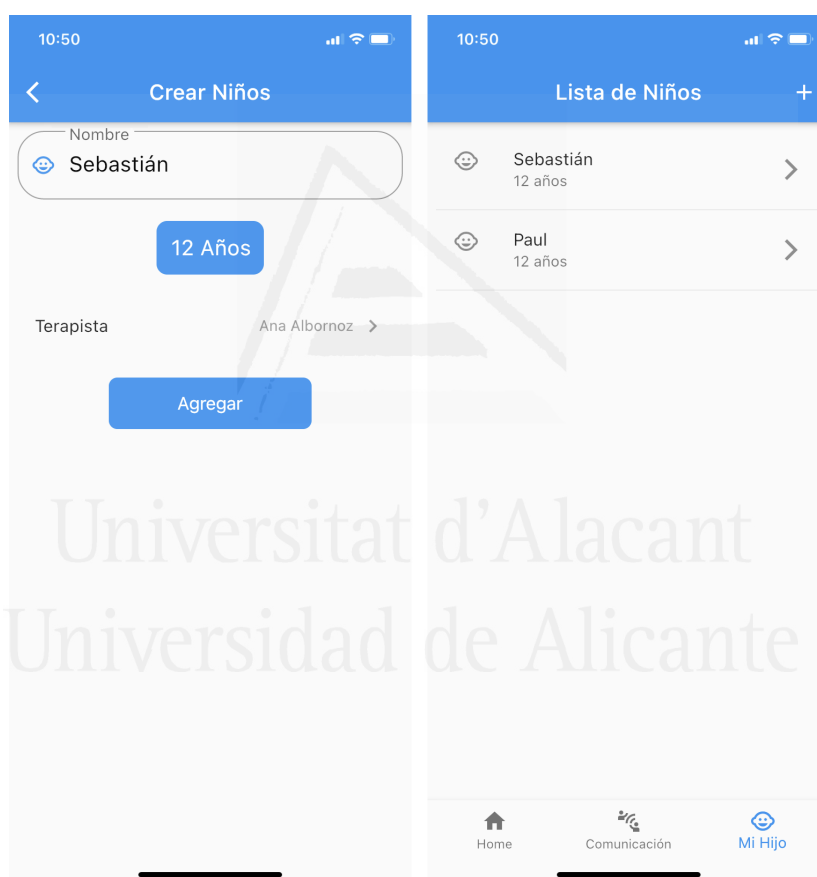


Figura 1.4: Pantallas de creación de niños y lista de niños.

- 4 **Jugar:** Este elemento se encuentra en la pestaña *Inicio* y abre varias categorías disponibles para el usuario. El niño o el terapeuta pueden seleccionar cualquiera de ellos para luego elegir un nivel de dificultad adecuado.
- 5 **Resultados:** Los resultados se mostrarán en el perfil del niño que se encuentra en la pestaña *Crear niño*, la información que se muestra tiene como objetivo ayudar al terapeuta a determinar si el niño está aprendiendo o no.

- 6 Comunicación:** Una vez que el niño ha aprendido o jugado varios niveles del videojuego, se espera que use las palabras aprendidas para comunicarse o preguntar cosas con todas las personas con las que el niño trata todos los días.

1.5.5.3. Experiencia del videojuego serio

Lo que busca SimpleTEA es encontrar la forma de generar inclusión con los niños que padecen TEA y son a su vez no verbales. La aplicación pretende que los niños y terapeutas cuenten con una nueva herramienta que realiza la función de Sistema de Comunicación por Intercambio de Imágenes (*Picture Exchange Communication System*, PECS). PECS es un sistema de comunicación alternativa y aumentativa y que enseña a niños y adultos con TEA y otros trastornos de la comunicación a iniciarse en la comunicación (Zink, Diniz, Rodrigues Dos Santos, y Guaré, 2016). Esto permite a los docentes ahorrar en material impreso o cualquier otro que se presente de forma física. Por otro lado, los padres o tutores también podrán verificar el progreso de aprendizaje de su hijo.

Una vez analizado todo esto, se comenzó a desarrollar la aplicación pensando en cómo se gestionan las aplicaciones actualmente, creando una cuenta para poder utilizarla. Para esto, el usuario necesita un módulo de registro e inicio de sesión como el indicado en la Figura 1.2. A su vez, en el módulo de registro, hay un interruptor para los terapeutas para obtener ese rol. Sin embargo, por motivos de seguridad y para evitar cuentas falsas, se programó un correo electrónico de confirmación. Si este correo electrónico no se verifica, la cuenta no estará operativa.

Una vez creada la cuenta, el niño podrá acceder a la pestaña *Comunicación*. Para esta aplicación se generaron cuatro categorías consideradas las más importantes. Además, hay una gran cantidad de palabras para comenzar. Cabe señalar que esta aplicación es una guía para seguir desarrollando otros proyectos o aplicaciones de esta naturaleza (Bonilla y Chaskel, 2016).

Además, para poder comunicarse, el niño primero debe aprender las palabras, esto se puede hacer desde la pestaña *Inicio* donde se muestra el logo de la aplicación y, luego, presionando el botón *Play* como se muestra en la Figura 1.5 (izquierda). Por otro lado, en la Figura 1.5 (derecha), se pueden evidenciar las categorías a utilizar así como la pestaña *Inicio*, que permite al niño acceder a la pregunta propiamente dicha.

El videojuego funciona como se muestra en la Figura 1.6 (izquierda). En cada sección habrá niveles que contienen una variedad de palabras según la categoría, lo que no necesariamente aumenta la dificultad. Esta particularidad busca minimizar el número de palabras enseñadas en lugar de introducirlas todas en un solo apartado con el riesgo de que se genere confusión o ansiedad en el niño.

Como también se puede observar en la Figura 1.6 (derecha), al niño se le muestra la imagen (PECS) y, al mismo tiempo, a través de un asistente de voz, se le indica al niño que relacione la palabra con la imagen.

Posteriormente, como se evidencia en la Figura 1.7 (izquierda), se realiza un pequeño reto, preguntando al niño si podría relacionar la imagen con la palabra. Esta pregunta a su vez es repetitiva, y no está sancionada en caso de que el niño se equivoque, simplemente vuelve a preguntar, hasta que el niño comprenda completamente.

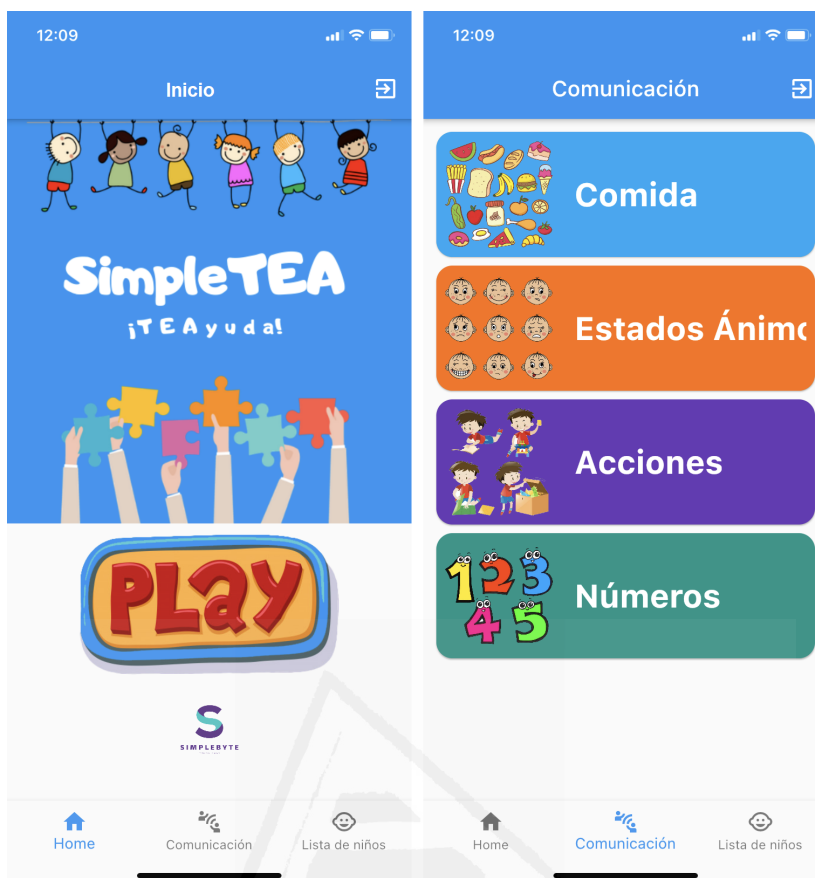


Figura 1.5: Pantallas de inicio y categorías principales.

Una vez realizada la pregunta, los resultados de los intentos en cada una de las preguntas se verán reflejados en la sección del perfil del niño como se muestra en la Figura 1.7 (derecha). Estos resultados muestran cuántas veces se tuvo que repetir la pregunta, el tiempo que tardó el niño en resolver la pregunta y la fecha en que se realizó la misma, y si el niño completó o no la prueba.

Los resultados que pueden ser verificados tanto por el padre como por el terapeuta, les ayudan a obtener retroalimentación sobre el aprendizaje del niño, en qué materias el niño debe esforzarse un poco más, qué palabras son más difíciles de aprender y el tiempo que le está tomando al niño. para aprender sobre un tema determinado. De esta forma, incluso es posible determinar con más objetividad con qué temas el niño tiene mayor afinidad. Toda esta información puede ayudar a los involucrados a tomar decisiones más inteligentes sobre qué hacer a continuación con el niño para ayudarlo en su aprendizaje. Es así que, padres y terapeutas tienen disponible su propia aplicación con un panel de control para consultar y analizar todos los datos recopilados.

- **Objetos:** El videojuego serio en línea contiene varios objetos decorativos e interactivos. A continuación, se describen aquellos que tienen algún tipo de interacción con el jugador:
 - **Pictogramas:** Estos son los elementos principales del videojuego, el niño debe comprenderlos completamente para poder usarlos para comunicarse en

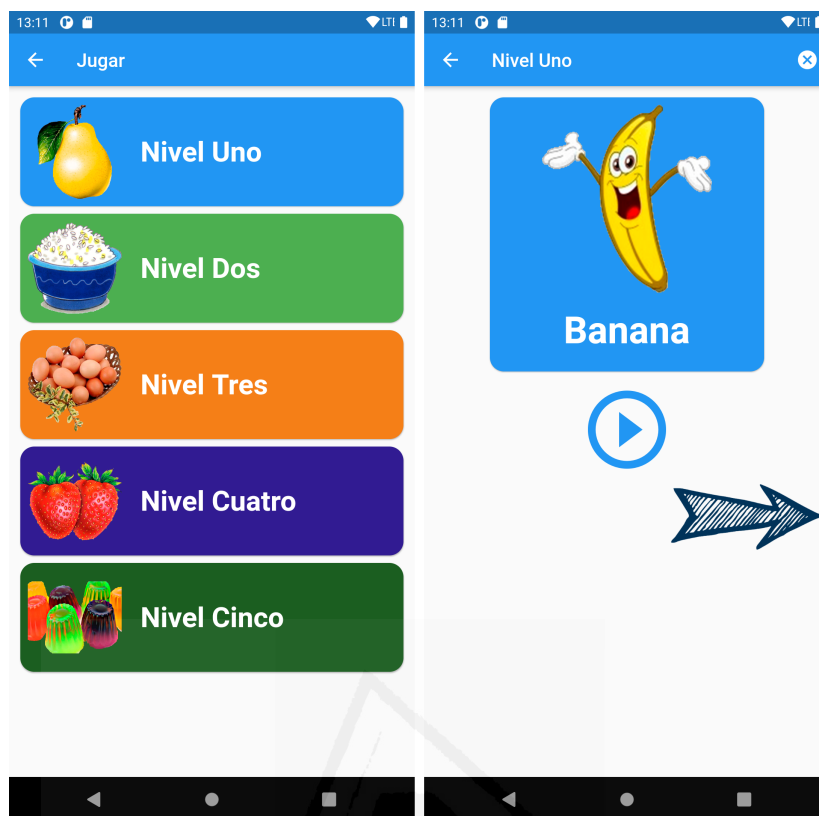


Figura 1.6: Pantallas de Niveles de categoría de alimentos y de asistente de voz.

el futuro. Los pictogramas se obtuvieron de imágenes reales utilizadas en clases reales de profesionales que los utilizan a diario.

- **Asistente de voz:** El asistente de voz es una ayuda para el niño, ya que no sabe leer. Este tipo de ayudante le permite al niño comprender lo que se muestra en la pantalla.
- **Directrices de Uso:** SimpleTEA proporciona la jugabilidad en las diferentes plataformas en las que se puede ejecutar el serious game online: dispositivos móviles (Android, iOS); en cada plataforma se definen los controles para cada acción requerida por el jugador, por ejemplo:
 - Botón de movilidad: Adelante (botón de página siguiente).
 - Botones de funciones: botón de asistente de voz, botón de imagen correcta.
 - Botón Salir: Para salir de la pregunta en caso de que el niño ya no quiera resolverla.

Además de las opciones predefinidas, un desarrollador puede agregar botones adicionales en la pantalla para activar más funciones que el videojuego requiera en el futuro, como agregar más pictogramas u otras necesidades especiales.

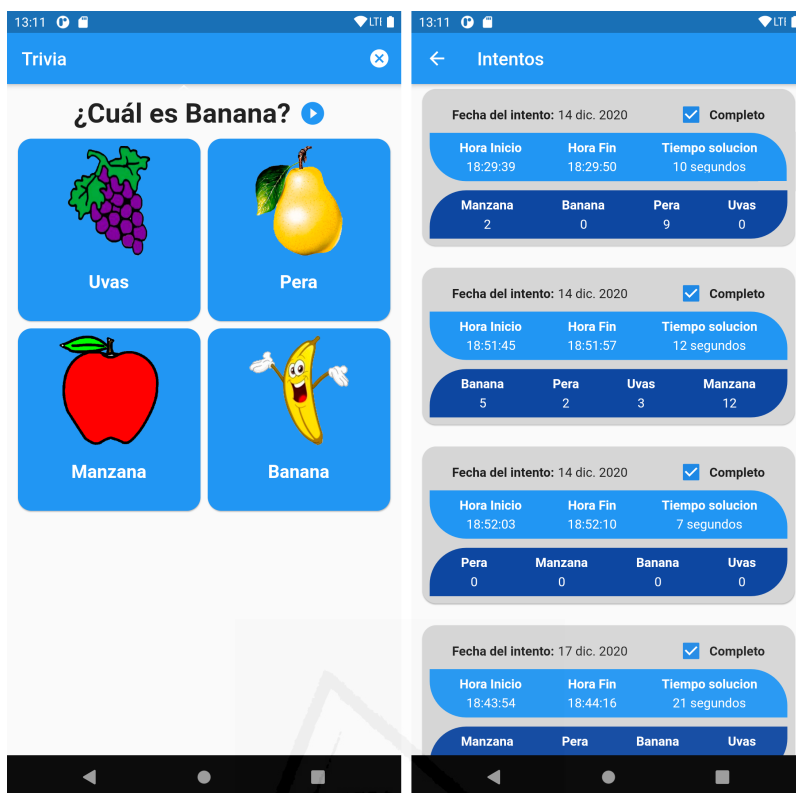


Figura 1.7: Pantallas de preguntas y resultados.

1.5.5.4. Mecánica del videojuego serio

En el caso de las personas con discapacidad motora, la interacción se vuelve más compleja debido a su condición. Por ello, si un niño con TEA tiene una discapacidad motriz, se recomienda que un adulto a cargo ayude al niño a resolver el videojuego. A continuación, se explican los elementos relacionados con la mecánica de SimpleTEA:

- Enemigos:** No hay jefes ni enemigos dentro del videojuego serio en línea, la aplicación pretende ser educativa y, sobre todo, útil para la comunicación de un niño no verbal. El uso de enemigos no tenía sentido en este videojuego ya que es un videojuego basado en retos y también de entretenimiento.

Sin embargo, existen varios retos a los que el niño debe enfrentarse a lo largo del videojuego, por ejemplo, aprender la mayoría de las palabras a través de los pictogramas en el menor tiempo posible.

- Multijugador:** Este videojuego serio en línea es para un solo jugador, pero varios pueden jugarlo al mismo tiempo, o incluso varios terapeutas pueden ver los resultados de sus alumnos en la aplicación al mismo tiempo. En SimpleTEA no se planteó como objetivo el trabajo en equipo porque no es lo que pretendíamos enseñar. La experiencia de aprendizaje de la misma es realmente privada, personal y claramente individual, por lo que cada usuario puede ir a su propio ritmo. Sin embargo, es importante entender que un niño con TEA necesita la ayuda de

todas las partes involucradas para tener un resultado exitoso y, de esa manera, el jugador realmente recibe y retiene la información que se le da.

- **Monetización:** El videojuego serio en línea es gratuito; sin embargo, aún no está disponible para quien quiera descargarlo, pues se pretende que sea personalizado para cada institución que lo requiera, ya que cada niño está relacionado con un terapeuta personal. Este proyecto no busca un rédito económico por el momento, ya que se trata de un prototipo que fomenta la creación de más videojuegos de este tipo siguiendo la idea ya planteada. Sin embargo, en el futuro, si varias instituciones lo consideran útil y desean personalizar la aplicación, es posible que se apliquen algunos cargos para ayudar a la sostenibilidad del proyecto.

1.5.5.5. Accesibilidad del videojuego serio

El videojuego serio considera varias pautas de accesibilidad que se recopilaron en nuestro trabajo anterior (Jaramillo-Alcázar y otros, 2017). En esa investigación, analizamos las pautas de accesibilidad para videojuegos serios dirigidos a personas con discapacidad cognitiva.

Para la compilación de requisitos se analizaron los lineamientos más relevantes, que son los descritos en los siguientes ítems:

1. **Personalización:** La experiencia de videojuego debe ser altamente adaptable a las preferencias y habilidades individuales del niño. En SimpleTEA esto era difícil de lograr considerando que es complicado desarrollar una aplicación con las particularidades de cada usuario.
2. **Tareas en evolución:** Deben incorporarse al videojuego niveles crecientes de complejidad motora o cognitiva. En SimpleTEA las categorías son diferentes entre sí, motivando al usuario a memorizar o relacionar la imagen con la palabra y así generar el resultado esperado.
3. **Objetivo único:** Debe haber un único objetivo explícito a lograr dentro de una sesión de videojuego. En SimpleTEA, el objetivo es realmente simple y claro y el usuario solo necesita aprender las palabras a través del PECS para poder comunicarse en el futuro.
4. **Instrucciones:** Los objetivos y las tareas deben estar claros antes de jugar y no deben basarse demasiado en el texto o el idioma. En SimpleTEA las instrucciones son claras e intuitivas y se incorporó un asistente de voz para que el usuario no se estrese por la cantidad de texto.
5. **Recompensa:** Ofrecer una recompensa después de un buen desempeño aumenta la motivación, el compromiso del niño e implícitamente mejora las habilidades. Los niños con TEA prefieren recompensas que creen diversión, como música alegre y animaciones excesivamente cuantitativas, recompensas, por ejemplo, puntos o tiempo extra. En SimpleTEA, la recompensa está implícita en el hecho de poder comunicarse.

6. **Repetibilidad y previsibilidad:** La repetibilidad es importante para dominar una habilidad y brindar control del aprendizaje. Repetir las mismas tareas crea una cierta previsibilidad de los objetivos esperados del videojuego para la próxima sesión de videojuego. En SimpleTEA la aplicación es repetitiva dentro de los retos y predictiva ya que la estructura se mantiene a lo largo de la aplicación.
7. **Transiciones:** Se debe minimizar el tiempo de transición entre diferentes estados del videojuego. Esperar puede resultar en pérdida de concentración o atención. Las pantallas de transición deben mantenerse simples para evitar fijaciones en elementos repetitivos. En SimpleTEA, el tiempo de transición es casi inmediato tanto dentro de la aplicación como en las preguntas.
8. **Gráficos minimalistas y audio claro:** Los gráficos y el audio deben ser estéticamente agradables, pero siempre funcionales. Los elementos irrelevantes pueden distraer y provocar la pérdida de atención. Demasiados estímulos visuales o auditivos o colores pueden desencadenar ansiedad. En SimpleTEA, las imágenes incrustadas son lo más simples y minimalistas posibles, así como el audio es claro y en línea con las imágenes.
9. **Serenidad:** Los efectos visuales o de audio pueden crear maravillas o sorpresas, lo que resulta en un mayor disfrute del videojuego. Sin embargo, la entrada sensorial debe ser predecible y consistente con ciertas tareas, por ejemplo, retroalimentación de audio para la acción correcta con algunos efectos fortuitos, por ejemplo, un nuevo objeto que aparece en la pantalla. Es importante encontrar un equilibrio entre los estímulos sensoriales para evitar la pérdida de atención. En SimpleTEA, el asistente de voz corrige las acciones del niño en caso de cometer algún error, no de forma represiva sino alentadora.
10. **Estímulos dinámicos:** Proporcionar animaciones o música ayuda a retener la atención del niño. Una visión estática prolongada, por el contrario, puede desencadenar comportamientos no deseados, como movimientos estereotipados o rigidez motora, por ejemplo, mirar una imagen estática en la pantalla. En SimpleTEA se implementó música con sonidos agradables que logran mantener la atención del niño.

1.5.5.6. Arquitectura del videojuego serio

Históricamente, el desarrollo de aplicaciones en múltiples plataformas ha sido difícil y complejo (Payne, 2019). Sin embargo, optamos por desarrollar la aplicación en una herramienta llamada Flutter. Flutter es una herramienta que brinda a los desarrolladores instrumentos para crear aplicaciones atractivas y de aspecto profesional y con la capacidad de personalizar cualquier aspecto de la aplicación (Napoli, 2019).

Adicionalmente se consideró una arquitectura cliente servidor en la cual se pueda disponer una base de datos Firebase en la nube accedida a través de la aplicación móvil en el celular. Además, se ha incluido un interfaz de autenticación con el objetivo de validar la identidad de los usuarios, sean pacientes como terapeutas. El esquema general de la arquitectura se puede apreciar en la siguiente Figura 1.8.

1 Introducción

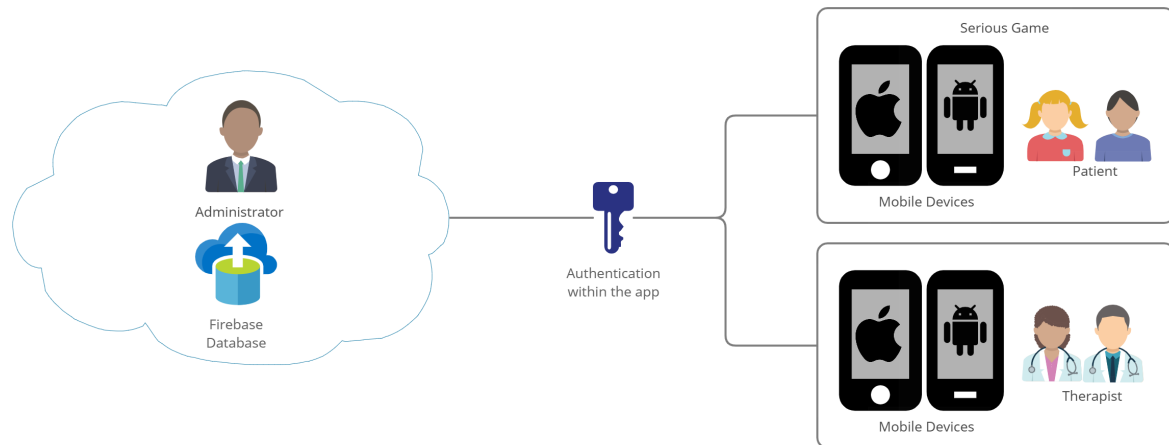


Figura 1.8: Diseño de la arquitectura de la aplicación.

A continuación, explicamos el funcionamiento de la aplicación en base a la arquitectura propuesta:

1. **Rol del terapeuta:** En este escenario, el terapeuta tendrá acceso a las funciones de registro, inicio de sesión y creación de un perfil de un niño con TEA. A su vez, el terapeuta tiene acceso a los datos del padre, madre o tutor del niño, y los resultados obtenidos en las diferentes preguntas que existen dentro del videojuego.
2. **Rol del paciente:** El escenario del paciente es diferente, ya que este obviamente será manejado por los padres o tutores de los niños, es decir, los roles de niño y padres están involucrados en uno, porque necesitarán una cuenta para acceder a la aplicación; por otro lado, los padres del niño podrán crear un perfil de su hijo, visualizar sus resultados y elegir el terapeuta de su preferencia para tratar a su hijo.
3. **Rol del administrador:** El administrador es el encargado de la gestión, control y mantenimiento de la base de datos en la nube, en este caso FireBase; sin embargo, también tiene la obligación de aprobar a una persona para ser terapeuta ya que las solicitudes se verán reflejadas dentro de la aplicación con el rol de administrador.
4. **Aspectos a considerar:** Las personas que asuman el rol de terapeuta podrán acceder a su cuenta, sin embargo, tendrá la misma funcionalidad de niños siempre y cuando el administrador no apruebe la solicitud del rol. El niño necesitará la ayuda de su padre o tutor para avanzar en el contenido de la aplicación.

1.5.5.7. Evaluación de la calidad de la aplicación

Para la evaluación de calidad de SimpleTEA, usamos MARS (Stoyanov y otros, 2015). MARS evalúa la calidad de una aplicación a través de 18 preguntas que componen cuatro dimensiones: compromiso, funcionalidad, estética e información. Las preguntas fueron respondidas por un grupo de cinco evaluadores con experiencia en diseño

de aplicaciones móviles con el objetivo de validar la usabilidad de SimpleTEA, como se puede observar en la Tabla 1.5.

Figure 1.9 ha consolidado la evaluación realizada agrupando los resultados para cada una de las categorías que MARS propone. La evaluación nos permite identificar que la mayoría de los criterios se cumplen entre valores de 4 y 5, donde se destacan las categorías de funcionalidad, estética e información. Sin embargo, la categoría de compromiso es la que recibe la calificación más baja de todos los evaluadores con puntajes menores a 4. Sin duda, nos permite apreciar que los criterios que forman parte de esta categoría necesitan ser mejorados en la aplicación móvil.

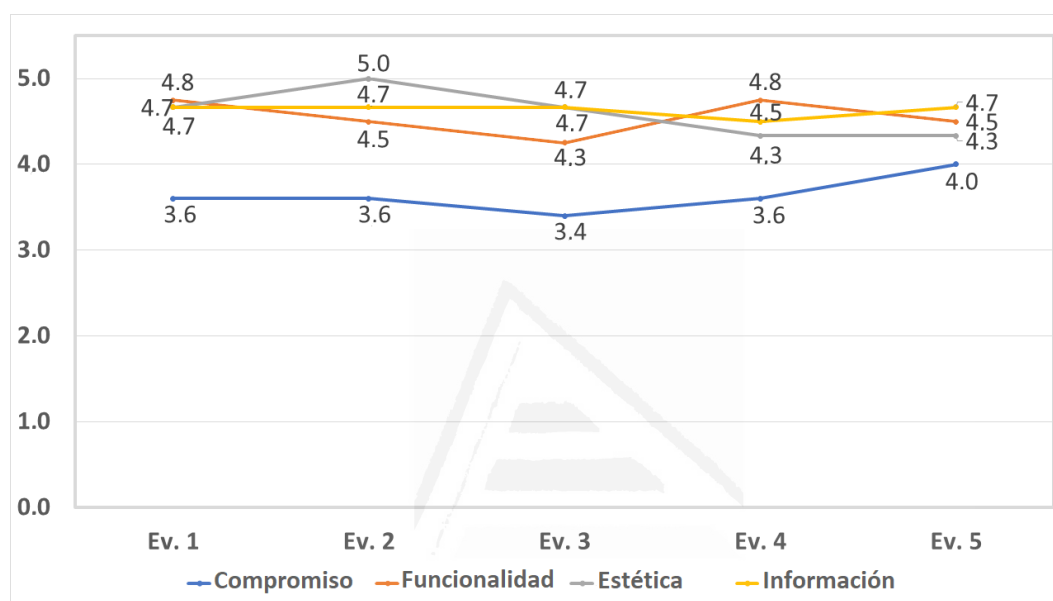


Figura 1.9: Evaluación de las categorías de MARS.

Tabla 1.5: Evaluación MARS de SimpleTEA por cinco evaluadores.

Variables		Ev. 1	Ev. 2	Ev. 3	Ev. 4	Ev 5.
Compromiso	E1. Entrenimiento	4	3	3	4	4
	E2. Interés	4	3	3	4	4
	E3. Personalización	3	5	3	3	4
	E4. Interactividad	3	2	3	3	3
	E5. Grupo Objetivo	4	5	5	4	5
Funcionalidad	F6. Rendimiento	5	4	4	5	5
	F7. Fácil de usar	5	5	4	4	5
	F8. Navegación	4	4	5	5	4
	F9. Diseño Gestual	5	5	4	5	4
Estética	A10. Disposición	4	5	5	4	5
	A11. Gráficas	5	5	4	5	4
	A12. Atractivo visual	5	5	5	4	4
Información	I13. Precisión de la descripción de la aplicación	5	5	5	5	5
	I14. Objetivos	4	4	5	4	5
	I15. Calidad de la Información	5	4	4	5	4
	I16. Cantidad de la Información	4	5	5	4	4
	I17. Información Visual	5	5	4	4	5
	I18. Credibilidad	5	5	5	5	5

1.6. Esquema de la tesis

El trabajo de investigación contenido en esta tesis se estructura en tres partes: la parte I esta compuesta por la síntesis de la investigación; la parte II contiene los trabajos que han sido publicados y que contribuyen al compendio de publicaciones de esta tesis; en la parte III se redactan las conclusiones de esta disertación y se discuten los posibles trabajos futuros derivados de esta investigación.

La tesis consta de los siguientes capítulos:

Capítulo 1 Introducción, este capítulo incluye la motivación, los objetivos, el método utilizado, los resultados, la estructura de la tesis y las convenciones de escritura.

Capítulo 2 Publicaciones y visibilidad, este capítulo incluye todas las publicaciones en revistas, congresos y otras publicaciones.

Capítulo 3 Publicaciones, este capítulo presenta las publicaciones más importantes de la investigación realizada en orden cronológico.

Capítulo 4 Mobile Serious Games: An Accessibility Assessment for People with Visual Impairments, es un artículo publicado en los *Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, “TEEM” que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 5 Accessibility Assessment of Mobile Serious Games for People with Cognitive Impairments, es un artículo publicado en los *Proceedings of the International Conference on Information Systems and Computer Science*, “INCISCOS” que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 6 A Mobile Serious Games Assessment Tool for People with Motor Impairments, es un artículo publicado en los *Proceedings of the International Conference on Education Technology and Computers*, “ICETC” que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 7 An Approach to Mobile Serious Games Accessibility Assessment for People with Hearing Impairments, es un artículo publicado en los *Proceedings of the International Conference on Information Technology & Systems*, “ICITS” que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 8 Inclusive Education: Mobile Serious Games for People with Cognitive Disabilities, es un artículo publicado en la revista *EnfoqueUTE*, que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 9 An approach to Inclusive Education in Electronic Engineering Through Serious Games, es un artículo publicado en los *Proceedings of the Technologies Applied to Electronics Teaching Conference*, “TAEE” que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 10 Towards an Accessible Mobile Serious Game for Electronic Engineering Students with Hearing Impairments, es un artículo publicado en los *Proceedings of the IEEE World Engineering Education Conference*, “EDUNINE” que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 11 A Serious Game to Learn Basic English for People with Hearing Impairments, es un artículo publicado en los *Proceedings of the International Conference on Information Technology & Systems*, “ICITS” que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 12 Catch the Thief: An Approach to an Accessible Video Game with Unity, es un artículo publicado en la revista *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 13 Inclusive Education Through Accessible Mobile Serious Games, es un artículo publicado en el libro *UXD and UCD Approaches for Accessible Education*, que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 14 A Method to Develop Accessible Online Serious Games for People with Disabilities: A Case Study, es un artículo publicado en la revista *Sustainability*, que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 15 An Approach to Accessible Serious Games for People with Dyslexia, es un artículo publicado en la revista *Sustainability*, que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 16 Method for the Development of Accessible Mobile Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorder, es un artículo publicado en la revista *International Journal of Environmental Research and Public Health*, que incluye referencia, y la contribución.

Capítulo 17 incluye las conclusiones del trabajo y las contribuciones.

Capítulo 18 incluye los trabajos en los que se está trabajando actualmente y las ideas que el autor tiene para continuar con la línea de investigación.

1.7. Convenciones de escritura

Durante el desarrollo de este trabajo se definieron todos los acrónimos ya que no son muy conocidos por el público. Además, los acrónimos y sus definiciones fueron descritos en inglés. Por ejemplo, Consorcio World Wide Web (*World Wide Web Consortium*, W3C).

Las figuras y cuadros son de elaboración propia del autor, a menos que se indique lo contrario en el título. Algunas figuras que se incluyen provienen de las publicaciones que conforman el compendio. Por esta razón, varias de las figuras se presentan en inglés.

Las palabras en un idioma que no sea el castellano se presentan en letra cursiva. Por ejemplo, *English, français*.

1 *Introducción*

Debido al origen del autor, cuando existan sinónimos se prefieren los vocablos más utilizados en Sudamérica. Por ejemplo, computador por ordenador.

Las cifras numéricas de miles están separadas por coma y las cifras decimales están separadas por punto, siguiendo las normas internacionales.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

2 Publicaciones

2.1. Publicaciones

En este capítulo se presentan las publicaciones científicas realizadas progresivamente entre los años 2017 y 2022 y que han aportado al desarrollo de la presente tesis doctoral. Un total de 13 publicaciones se han presentado tanto en revistas con índice Journal Citation Reports (JCR) así como en memorias de congresos arbitrados por pares. De este total, 3 artículos corresponden a revistas con índice JCR, 1 artículo en una revista con índice Scimago Journal Rankings (SJR) y 1 artículo en una revista Latindex. Además, 7 artículos se presentaron en congresos indexados los cuales tienen una relación directa con los objetivos planteados en la presente tesis doctoral. También, se desarrolló un capítulo de libro. El detalle de las publicaciones es el siguiente.

2.1.1. Revistas

Esta subsección incluye las publicaciones presentadas en revistas científicas con índice de impacto JCR o SJR. Estas publicaciones forman el eje central del presente trabajo de investigación ya que sus objetivos aportan de forma significativa con los objetivos de esta tesis doctoral. Los detalles generales de las publicaciones se pueden revisar en la Tabla 2.1. En la segunda columna de la tabla se presenta el nombre de la revista con su ISSN; en la tercera columna se muestra el factor de impacto del JCR; la cuarta columna describe el factor de impacto SJR; la última columna presenta la indexación de la revista, ya sea que el artículo haya sido indexado en Scopus (SCO), Web of Science (WOS), Digital Bibliography & Library Project (DBLP), Google Scholar (GS) o en el Directory of Open Access Journals (DOAJ).

1. “Method for the Development of Accessible Mobile Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorder” (Jaramillo-Alcázar y otros, 2022). Las especificaciones de este artículo se muestran en la Tabla 2.1, en la fila J1. En el capítulo 16 de este documento se detalla el contenido completo del artículo.

2 Publicaciones

2. “An Approach to Accessible Serious Games for People with Dyslexia” (Jaramillo-Alcázar y otros, 2021). Las especificaciones de este artículo se muestran en la Tabla 2.1, en la fila J2. En el capítulo 15 de este documento se detalla el contenido completo del artículo.
3. “A Method to Develop Accessible Online Serious Games for People with Disabilities: A Case Study” (Jaramillo-Alcázar, Cortez-Silva, y otros, 2020). Las especificaciones de este artículo se muestran en la Tabla 2.1, en la fila J3. En el capítulo 14 de este documento se detalla el contenido completo del artículo.
4. “Catch the Thief: An Approach to an Accessible Video Game with Unity” (Flores-Garzón y otros, 2020). Las especificaciones de este artículo se muestran en la Tabla 2.1, en la fila J4. En el capítulo 12 de este documento se detalla el contenido completo del artículo.
5. “Inclusive Education: Mobile Serious Games for People with Cognitive Disabilities” (Jaramillo-Alcázar, Luján-Mora, y Salvador-Ullauri, 2018). Las especificaciones de este artículo se muestran en la Tabla 2.1, en la fila J5. En el capítulo 8 de este documento se detalla el contenido completo del artículo.

Id	Revista	JCR IF	SJR	Indexado
J1	International Journal of Environmental Research and Public Health. ISSN: 1660-4601. Estados Unidos	3.390	0.61	DOAJ, WOS, SCOPUS
J2	Sustainability. ISSN: 2071-1050. Suiza	3.251	3.9	DOAJ, WOS, SCOPUS
J3	Sustainability. ISSN: 2071-1050. Suiza	3.251	3.9	DOAJ, WOS, SCOPUS
J4	International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. ISSN: 2088-5334. Portugal	S/N	0.22	DOAJ, SCOPUS
J5	EnfoqueUTE. ISSN: 1390-6542. Ecuador	S/N	S/N	WOS, Latindex, Scielo, Dialnet

Tabla 2.1: Descripción de artículos publicados en revista

2.1.2. Congresos

Los congresos científicos internacionales en los que se presentaron artículos se detallan en la Tabla 2.2. En la tabla se detalla la información de acuerdo a la siguiente descripción: segunda columna el nombre del congreso, tercera columna la indexación en Scopus o WOS, cuarta columna el país y ciudad donde se realizó el congreso, finalmente en la quinta columna, las fechas de realización del congreso. Todos los congresos en los

que se han presentado artículos tienen procesos de revisión por pares. Los artículos que han sido publicados en memorias de congresos son:

1. “An Accessibility Assessment for People with Visual Impairments” (Jaramillo-Alcázar y Luján-Mora, 2017). Este artículo fue publicado en el congreso C1 descrito en la Tabla 2.2. En el capítulo 4 se detalla el contenido del artículo.
2. “Accessibility Assessment of Mobile Serious Games for People with Cognitive Impairments” (Jaramillo-Alcázar y otros, 2017). Este artículo fue publicado en el congreso C2 descrito en la Tabla 2.2. En el capítulo 5 se detalla el contenido del artículo.
3. “A Mobile Serious Games Assessment Tool for People with Motor Impairments” (Jaramillo-Alcázar y otros, 2017). Este artículo fue publicado en el congreso C3 descrito en la Tabla 2.2. En el capítulo 6 se detalla el contenido del artículo.
4. “An Approach to Mobile Serious Games Accessibility Assessment for People with Hearing Impairments” (Jaramillo-Alcázar y Luján-Mora, 2018). Este artículo fue publicado en el congreso C4 descrito en la Tabla 2.2. En el capítulo 7 se detalla el contenido del artículo.
5. “An approach to Inclusive Education in Electronic Engineering Through Serious Games” (Jaramillo-Alcázar, Guaita, y otros, 2018a). Este artículo fue publicado en el congreso C5 descrito en la Tabla 2.2. En el capítulo 9 se detalla el contenido del artículo.
6. “Towards an Accessible Mobile Serious Game for Electronic Engineering Students with Hearing Impairments” (Jaramillo-Alcázar, Guaita, y otros, 2018b). Este artículo fue publicado en el congreso C6 descrito en la Tabla 2.2. En el capítulo 10 se detalla el contenido del artículo.
7. “A Serious Game to Learn Basic English for People with Hearing Impairments” (Fernández y otros, 2019). Este artículo fue publicado en el congreso C7 descrito en la Tabla 2.2. En el capítulo 11 se detalla el contenido del artículo.

2.1.3. Capítulos de libro

En este trabajo se realizó el siguiente capítulo de libro:

- “Inclusive Education Through Accessible Mobile Serious Games” (Jaramillo-Alcázar, Criollo-C, y Luján-Mora, 2020). Este artículo (CL1) fue publicado en el libro UXD and UCD Approaches for Accessible Education, p. 38-58 (chapter 3). En el capítulo 13 se detalla el contenido del artículo.

Id	Congreso	Indexado	País/Ciudad	Fecha
C1	TEEM, 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality.	SCO	España, Cádiz	Octubre, 18-20, 2017
C2	INCISCOS, 2nd International Conference on Information Systems and Computer Science.	SCO, WOS	Ecuador, Quito	Noviembre, 14-16, 2017
C3	ICETC, 9th International Conference on Education Technology and Computers.	SCO, WOS	España, Barcelona	Diciembre, 20-22, 2017
C4	ICITS, International Conference on Information Technology & Systems.	SCO, WOS	Ecuador, Santa Elena	Enero, 10-12, 2018
C5	EDUNINE, IEEE World Engineering Education Conference.	SCO, WOS	Argentina, Buenos Aires	Marzo, 11-14, 2018
C6	TAEI, XIII Technologies Applied to Electronics Teaching Conference.	SCO, WOS	España, Tenerife	Junio, 20-22, 2018
C7	ICITS, International Conference on Information Technology & Systems.	SCO	Ecuador, Quito	Febrero, 6-8, 2019

Tabla 2.2: Descripción de artículos publicados en actas de congresos

2.2. Visibilidad

La forma tradicional de comunicación científica se basa en la divulgación de resultados de investigación a través de medios tradicionales como revistas, congresos, informes académicos, entre otros. Sin embargo, la consolidación de la web 2.0 ha dado lugar al apareamiento de espacios interactivos para divulgar y visibilizar contenidos académicos tales como redes sociales, redes académicas, plataformas científicas, repositorios, blogs, wikis, gestores bibliográficos, entre otros. Estos espacios fomentan la transferencia de conocimientos desde la academia a la sociedad.

Basados en la realidad descrita en el párrafo anterior, durante el período de estudios de doctorado, se crearon diferentes perfiles académicos con el objetivo de incrementar el impacto de la investigación realizada. En la Tabla 2.3 se presenta un resumen de los perfiles académicos del autor de esta tesis. Por otro lado, con el propósito de ganar mayor visibilidad en los productos de la investigación científica realizada se tomó la de-

cisión de publicar en revistas de acceso abierto (*open access*). Este tipo de revistas dan la oportunidad para que la comunidad de académicos e investigadores tengan acceso libre y sin costo a los recursos publicados en estos medios. Por este motivo, los cuatro principales artículos del compendio se publicaron como documentos de acceso abierto (Flores-Garzón y otros, 2020; Jaramillo-Alcázar y otros, 2022; Jaramillo-Alcázar, Cortez-Silva, y otros, 2020; Jaramillo-Alcázar y otros, 2021).

A continuación se presenta un resumen del número de artículos publicados en algunas bases de datos científicas, entre ellas:

- Scopus presenta 24 artículos y 98 citaciones tal como se muestra en la Figura 2.1.
- WOS presenta 24 artículos y 64 citaciones tal como se muestra en la Figura 2.2.
- DBLP presenta 9 artículos.
- GS presenta 38 artículos y 250 citaciones.

Id.	Perfil académico	URL
P1	ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4143-2515
P2	ResearchGate	https://www.researchgate.net/profile/Angel-Jaramillo-Alcazar
P3	Google Scholar	https://scholar.google.com/citations?user=FOulbzcAAAAJ&hl
P4	Scopus	https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57199996424
P5	Página web personal	https://agjaramillo.wordpress.com/

Tabla 2.3: Perfiles en redes sociales académicas del autor de la tesis



Figura 2.1: Perfil del autor en la base de datos Scopus

2 Publicaciones

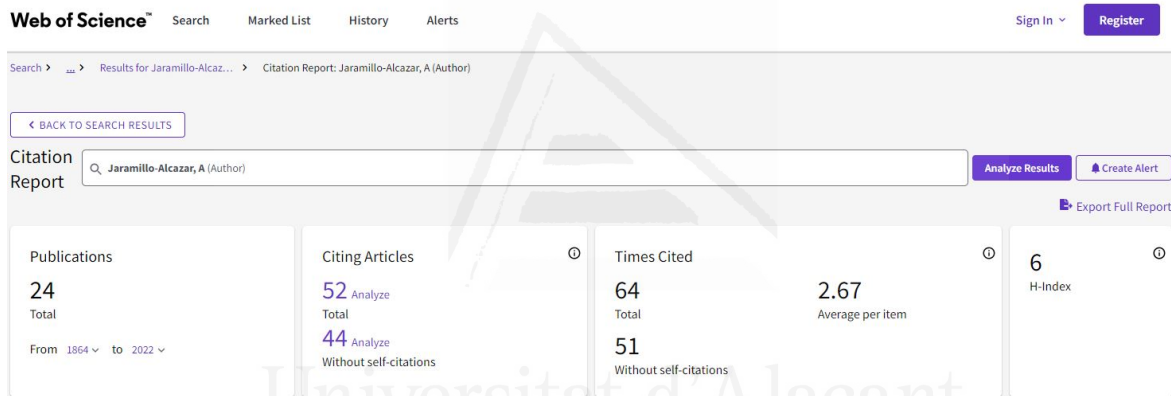
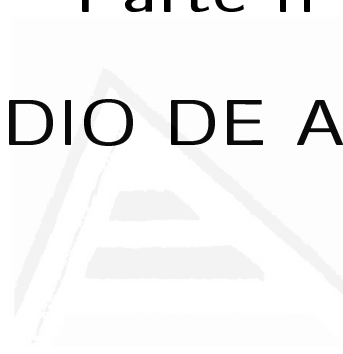


Figura 2.2: Perfil del autor en la base de datos Web of Science

Parte II

COMPENDIO DE ARTICULOS



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

3 Compendio

Este capítulo presenta en orden cronológico las publicaciones más importantes fruto de la investigación realizada. Cuatro de las publicaciones incluidas en el compendio son artículos de revistas que fueron publicados en revistas de alto impacto ubicadas en diferentes cuartiles del JCR y SJR.

Una de ellas fue indexada en una revista clasificada en el primer cuartil JCR (Q1):

- Jaramillo-Alcázar, Arias, Albornoz, Alvarado, Luján-Mora, 2022.

Las otras dos fueron indexadas en una revista clasificada en el segundo cuartil JCR (Q2):

- Jaramillo-Alcázar, Cortez-Silva, Galarza-Castillo, Luján-Mora, 2020.
- Jaramillo-Alcázar, Venegas, Criollo-C, Luján-Mora, 2021.

Una publicación fue indexada en el cuarto cuartil SJR (Q3):

- Flores-Garzón, Intriago-Echeverría, Jaramillo-Alcázar, Criollo-C, Luján-Mora, 2020.

Una publicación fue indexada en Latindex:

- Jaramillo-Alcázar, Salvador-Ullauri, Luján-Mora, 2018.

Por otro lado, una publicación es un capítulo de libro:

- Jaramillo-Alcázar, Criollo-C, Luján-Mora, 2020.

Además, siete publicaciones son artículos publicados en congresos:

- Jaramillo-Alcázar, Luján-Mora, 2017.
- Jaramillo-Alcázar, Salvador-Ullauri, Luján-Mora, 2017.
- Jaramillo-Alcázar, Luján-Mora, Salvador-Ullauri, 2017.

3 Compendio

- Jaramillo-Alcázar, Luján-Mora, 2018.
- Jaramillo-Alcázar, Guaita, Rosero, Luján-Mora, 2018.
- Jaramillo-Alcázar, Guaita, Rosero, Luján-Mora, 2018.
- Fernández, Jaramillo-Alcázar, Galarza-Castillo, Luján-Mora, 2019.

Los detalles de las publicaciones se muestran en la Figura 3.1. Aquí se han considerado todos los artículos que son parte del compendio. El período establecido para este trabajo va desde el año 2017 hasta 2022, considerando que en estos años se produjeron todos los trabajos que formaron parte del compendio de publicaciones. Además, la Figura 3.1 tiene el detalle del objetivo al que aporta cada publicación, el año en el que se publicó, el nombre y el cuartil al que pertenece la revista.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

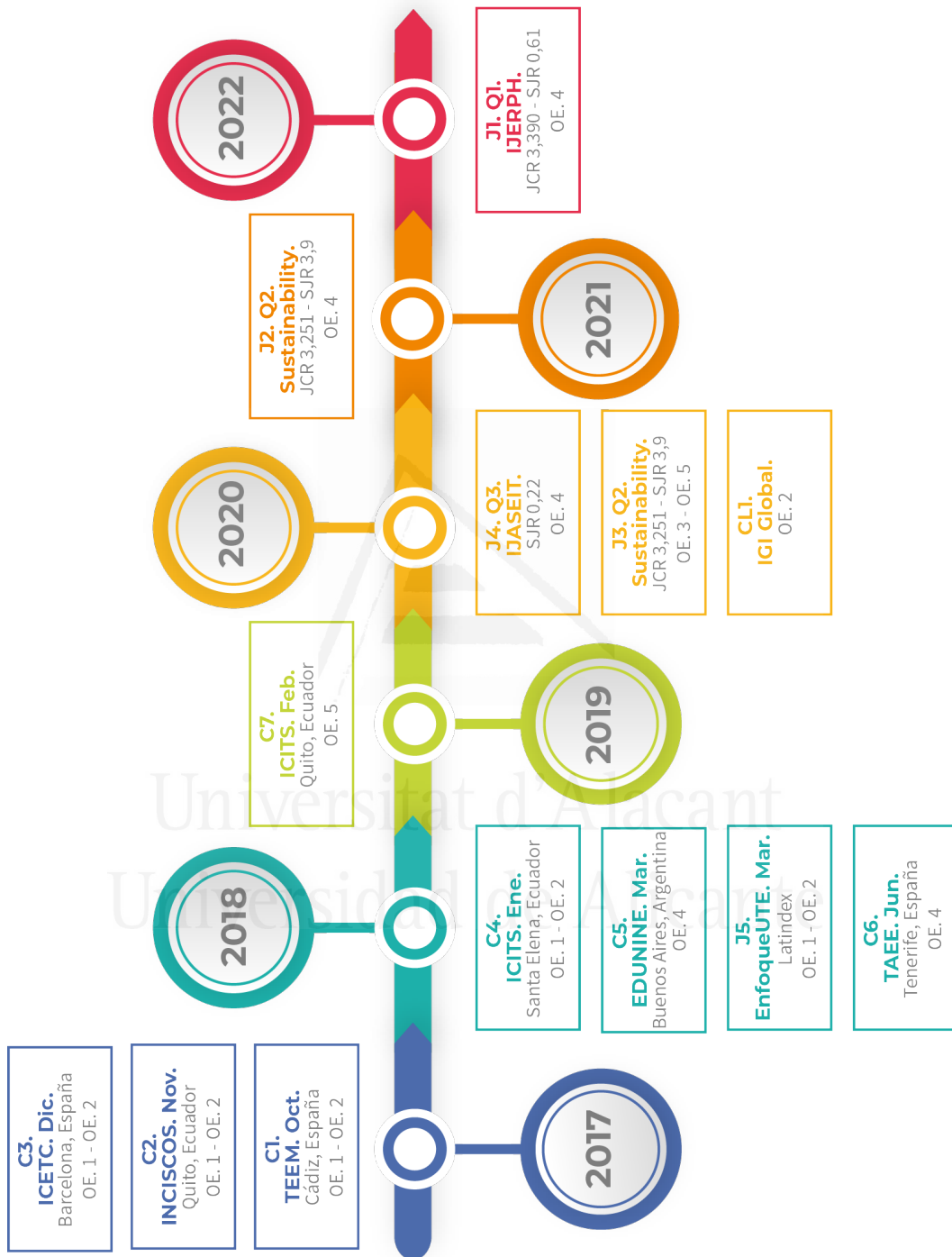


Figura 3.1: Línea de tiempo de publicaciones incluidas en el compendio

4 Mobile Serious Games: An Accessibility Assessment for People with Visual Impairments

Referencia:

Jaramillo-Alcázar, A., y Luján-Mora, S. (2017). Mobile Serious Games: An Accessibility Assessment for People with Visual Impairments. En 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM). Article 66, pp. 1-6.

Disponible en:

- <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3144826.3145416>
- <https://doi.org/10.1145/3144826.3145416>

Temas a los que aporta:

- OE. 1 Recopilar el estado de la cuestión acerca de la accesibilidad en videojuegos serios móviles y analizar su accesibilidad.
- OE. 2 Definir un conjunto de lineamientos de accesibilidad para los videojuegos serios móviles.

Mobile Serious Games: An Accessibility Assessment for People with Visual Impairments

Angel Jaramillo-Alcázar
Facultad de Ingenierías y
Ciencias Agropecuarias,
Universidad de Las Américas,
Quito, Ecuador,
angel.jaramillo@udla.edu.ec

Sergio Luján-Mora
Department of Software
and Computing Systems,
University of Alicante,
Alicante, Spain,
sergio.lujan@ua.es

ABSTRACT

Nowadays, serious games allow to educate in an amused way in different areas. They have become a great tool in the learning process. However, the vast majority do not focus on vulnerable groups such as visually impaired people. On the other hand, the use of mobile devices has been growing and have become an important actor in the learning process, because there are many serious games developed for environments in this devices. Despite this, accessibility for visually impaired has not been considered as a necessary element in the development of this kind of video games. Some authors and companies of development of video games have proposed general guidelines that recommend for the construction of this type of applications. However, these initiatives have not been formalized so they need to be consolidated and analyzed to define a model for the accessibility assessment of video games oriented to people with visual impairments. This paper presents a compilation and analysis of accessibility guidelines for the development of video games for people with visual impairment. It also proposes a categorization of guidelines that can be used to analyze the level of accessibility of a video game and especially of serious games. As a case study, this categorization is used to evaluate some selected mobile serious games and identify their level of accessibility for people with visual impairment. We propose an analysis tool for those who wish to develop mobile serious games for the visually impaired.

CCS CONCEPTS

• Human-centered computing → Accessibility • Theory of computation → Convergence and learning in games • Applied computing → Interactive learning environments

KEYWORDS

Serious games; accessibility guidelines; visual impairment; mobile devices; low vision

ACM Reference format:

Angel Jaramillo-Alcázar and Sergio Luján-Mora. 2017. Mobile Serious Games: An Accessibility Assessment for People with Visual Impairments. In *Proceedings of 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, October 2017 (TEEM 2017)*, 6 pages.

DOI: <https://doi.org/10.1145/3144826.3145416>

1 INTRODUCTION

Disability need not be an obstacle to success is the phrase of Professor Stephen W Hawking, which begins with the prologue of World Report on Disability of the World Health Organization (WHO) [29]. The growing number of people worldwide with this type of impairments has driven the development of initiatives that promote accessibility as a key feature in the world around us, and serious games are not the exception. Serious games is a category of video games designed for educational purposes [22].

In the present, the video games industry has taken a significant role in the production of software. This sector generated \$91 billion worldwide in 2016. The mobile game segment was the largest with \$41 billion [23].

On the other hand, the serious games market has had a substantial growth due to mobile platforms. It is gaining importance every day and is having positive results. Mobile devices offer advantages over computers and static equipment [11].

Through the entertainment, serious games allow to educate in an amused way in different areas [16]. The development of this type of games is booming: it is estimated to reach \$5,448.82 million by 2020, at a compound annual growth rate of 16.38%

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists,

requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from Permissions@acm.org.

TEEM 2017, October 18–20, 2017, Cádiz, Spain
© 2017 Association for Computing Machinery.
ACM ISBN 978-1-4503-5386-1/17/10...\$15.00
<https://doi.org/10.1145/3144826.3145416>

5 Accessibility Assessment of Mobile Serious Games for People with Cognitive Impairments

Referencia:

Jaramillo-Alcázar, A., Luján-Mora, S., y Salvador-Ullauri, L. (2017). Accessibility Assessment of Mobile Serious Games for People with Cognitive Impairments, En International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS), pp. 323-328.

Disponible en:

- <https://ieeexplore.ieee.org/document/8328126>
- <https://doi.org/10.1109/INCISCOS.2017.12>

Temas a los que aporta:

- OE. 1 Recopilar el estado de la cuestión acerca de la accesibilidad en videojuegos serios móviles y analizar su accesibilidad.
- OE. 2 Definir un conjunto de lineamientos de accesibilidad para los videojuegos serios móviles.

Accessibility Assessment of Mobile Serious Games for People with Cognitive Impairments

Angel Jaramillo-Alcázar
Facultad de Ingenierías y
Ciencias Agropecuarias
Universidad de Las Américas
Quito, Ecuador
angel.jaramillo@udla.edu.ec

Sergio Luján-Mora
Department of Software
and Computing Systems
University of Alicante
Alicante, Spain
sergio.lujan@ua.es

Luis Salvador-Ullauri
Centro de Educación Continua
Escuela Politécnica Nacional
Quito, Ecuador
lsalvador@cec-epn.edu.ec

Abstract—Today, serious games allow different kinds of content to be taught in a fun way. They have become a great tool in the learning process. However, the vast majority of them do not focus on vulnerable groups such as people with impairments. On the other hand, the use of mobile devices has increased worldwide. This type of device is an important player in the learning process: there are many serious games developed for environments in these devices. In spite of this, accessibility for people with cognitive impairments has not been considered as a necessary element in the development of this type of video games. Some authors and companies of development of video games have proposed general guidelines for the construction of this type of applications. However, these initiatives have not yet been formalized and that is why they need to be consolidated and analyzed to define a model for assessing the accessibility of video games for people with cognitive impairments. This article presents a compilation and analysis of the accessibility guidelines for the development of video games for people with cognitive impairments. It also proposes a categorization of the guidelines that should be used to analyze the accessibility level of a video game and especially serious games. As a case study, this categorization is used to evaluate some mobile serious games and subsequently identify their level of accessibility. An assessment tool for those who wish to develop serious games for people with cognitive impairments on mobile devices is proposed.

Keywords—Accessibility assessment, accessibility guidelines, cognitive disabilities, cognitive impairments, mobile devices, serious games

I. INTRODUCTION

Serious games is a category of video games designed with the purpose of supporting the educational process [1] and enable learning through entertainment [2]. In 2016, the video games industry generated around \$91 billion worldwide and of these, \$41 billion were from mobile devices market [3]. It is estimated that the development of this kind of games will reach \$5,448.82 million in 2020, at a compound annual growth rate of 16.38 % between 2015 and 2020 [4].

Likewise, serious games have been increased for mobile platforms and have yielded positive results. This effect is due to the fact that mobile devices have advantages over static equipment and computers [5]. Often, teachers do not find the right mechanisms to run their classes. In those moments, serious games allow them to apply new teaching methods [6]. This kind of video games are designed to understand the

students necessities in the acquisition of knowledge [7] and the achieving of learning outcomes [8].

According to [9], about 563 million mobile devices and connections to the Internet were added in 2015 and the 36 % of them belong to mobile devices. Another study [10] indicates that the number of worldwide mobile users is expected to increase to over 6.2 billion at the end of 2018 and than roughly 84 % of the world population will be using mobile technology. In education, mobile devices offer a variety of ways to learn, communicate and collaborate [11]. The use of this kind of technology has become necessary in the daily lives of all people, including people with disabilities.

In [12], accessibility is defined as the ability of an object to be used in spite of the condition or disability of a person. Accessibility in video games is beginning to be considered by software developers. Thus, there are several players with disabilities. It is the case of Robert Kingett, a 24 year old gamer from Chicago [13], who has cerebral palsy. His favorite genres to play are rol-playing and action adventure games. He could not play if there were no video games that were accessible to people with different disabilities.

On the other hand, the World Health Organization (WHO) [14] estimates that about 15 % of the world population lives with a disability. Many of them, with cognitive/mental disabilities, have to live with social, educational and entertainment limitations. People with cognitive impairments have difficulty with one or more types of mental tasks than the rest [15].

According to the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) [16], mental functions are divided as shown in Table I. These mental functions give rise to some cognitive disorders, such as: autism, Down syndrome, traumatic brain injury, attention deficit disorder, memory loss dyslexia, dyscalculia and learning disabilities in general. Taking into account all these mental functions and the cognitive disabilities that arise from them, it is important to determine what accessibility parameters should be taken into account for the development of serious games.

The rest of this article is organized as follows. In section II, we present a compilation of accessibility guidelines for the development of video games for people with cognitive impair-

6 A Mobile Serious Games Assessment Tool for People with Motor Impairments

Referencia:

Jaramillo-Alcázar, A., Salvador-Ullauri, L., y Luján-Mora, S. (2017). A Mobile Serious Games Assessment Tool for People with Motor Impairments. En 9th International Conference on Education Technology and Computers (ICETC). pp. 172–177.

Disponible en:

- <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3175536.3175569>
- <https://doi.org/10.1145/3175536.3175569>

Temas a los que aporta:

- OE. 1 Recopilar el estado de la cuestión acerca de la accesibilidad en videojuegos serios móviles y analizar su accesibilidad.
- OE. 2 Definir un conjunto de lineamientos de accesibilidad para los videojuegos serios móviles.

A Mobile Serious Games Assessment Tool for People with Motor Impairments

Angel Jaramillo-Alcázar
Facultad de Ingenierías y Ciencias
Agropecuarias
Universidad de Las Américas
Quito, Ecuador
angel.jaramillo@udla.edu.ec

Luis Salvador-Ullauri
Centro de Educación Continua
Escuela Politécnica Nacional
Quito, Ecuador
lsalvador@cec-epn.edu.ec

Sergio Luján-Mora
Department of Software
and Computing Systems
University of Alicante
Alicante, Spain
sergio.lujan@ua.es

ABSTRACT

Accessibility is a feature that often is not considered in the design of products or services and video games market is not the exception. Serious games is a category of video games that allows to educate in different areas through fun. They have become an important support tool in the learning process. However, most serious games do not focus on vulnerable groups such as people with motor impairments. On the other hand, the number of mobile serious games has increased with the use of mobile devices. Despite this, accessibility for people with motor impairments has not yet been considered a necessary feature in the development of this type of video games. Some video game developer groups recommend general accessibility guidelines for the design of such applications. However, it has become necessary to formalize, consolidate and analyze these initiatives in order to define a model for evaluating the accessibility of video games for people with motor impairments. This paper presents a compilation and analysis of accessibility guidelines for the development of video games for people with motor impairments. It also proposes a categorization of existing guidelines that allow to evaluate a video game accessibility level. As a case study, these accessibility guidelines are used to assess some mobile serious games and identify their accessibility level for people with motor impairments. We propose an assessment tool for those who wish to develop accessible serious games for people with motor impairments on mobile devices.

CCS Concepts

• Human-centered computing → Accessibility • Theory of computation → Convergence and learning in games • Applied computing → Interactive learning environments.

Keywords

Accessibility assessment; accessibility guidelines; mobile devices; motor disabilities; motor impairments; serious games.

1. INTRODUCTION

Today, video games have gained relevance in the entertainment segment for people of all ages. The video games industry generated around \$91 billion incomes worldwide in the 2016 and of these, \$41 billion were from mobile devices market [27].

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

ICETC 2017, December 20-22, 2017, Barcelona, Spain

© 2017 ACM Association for Computing Machinery

ACM ISBN 978-1-4503-5435-6/17/12...\$15.00

<https://doi.org/10.1145/3175536.3175569>

Serious games is a category of video games whose purpose is to enable learning through entertainment [16] and support the educational process [23]. It is estimated that the development of this kind of video games will reach \$5,448.82 million in 2020, at a compound annual growth rate of 16.38 % between 2015 and 2020 [17].

Furthermore, the use of serious games has been growing in mobile platforms and have given positive results. This effect is due to the fact that mobile devices have advantages over static equipment and computers [7]. Often, teachers do not find the appropriate mechanisms to impart their classes. Serious games are an alternative to them to apply new teaching methods [17]. This kind of video games are designed to understand student necessities in the acquisition of knowledge [8] and the achieving of learning outcomes [10]. On other hand, about 563 million mobile devices and connections to Internet were added in 2015 and the 36 % of them belong to mobile devices, according to [4]. The number of worldwide mobile users is expected to increase over 6.2 billion at the end of 2018 and that roughly 84 % of the world population will be using mobile technology [29]. In education, mobile devices offer a variety of ways to learn, communicate and collaborate [9]. The use of this technology has become necessary in the daily lives of all people, including people with disabilities.

In [1], accessibility is defined as the ability of an object to be used in spite of the condition or disability of a person. Software developers are beginning to consider accessibility guidelines in their video games. So, there are numerous players with disabilities. It is the case of Mike Begum, better known as BrolyLegs. Mike is a 28 year old gamer from Texas who has limited muscle development because he was born with arthrogyrosis [26]. He is a top-ranked Chun-Li online player in Ultra Street Fighter IV. Another case is Mike Phillips, who is a gamer and freelance technology writer, born with spinal muscular atrophy (SMA). He uses his thumb and assistive technology to play games like Unreal Tournament and World of Warcraft [19]. They could not play if there were no video games that were accessible to people with different disabilities. In addition, it is estimated that about 15 % of the world population lives with a disability [34]. Many of them, with motor impairments, have to live with social, educational and entertainment limitations. Motor impairments disorders vary in severity from limitations of stamina to paralysis. These disorders are caused by conditions present at birth or as result of illness or physical injury [31]. According to the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) [33], body structures related to movement are divided as follows:

- Structure of head and neck region.
- Structure of shoulder region.
- Structure of upper extremity.
- Structure of pelvic region.

7 An Approach to Mobile Serious Games Accessibility Assessment for People with Hearing Impairments

Referencia:

Jaramillo-Alcázar, A., y Luján-Mora, S. (2018). An Approach to Mobile Serious Games Accessibility Assessment for People with Hearing Impairments. En International Conference on Information Technology and Systems (ICITS). vol 721. pp. 552-562.

Disponible en:

- https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-73450-7_52
- https://doi.org/10.1007/978-3-319-73450-7_52

Temas a los que aporta:

- OE. 1 Recopilar el estado de la cuestión acerca de la accesibilidad en videojuegos serios móviles y analizar su accesibilidad.
- OE. 2 Definir un conjunto de lineamientos de accesibilidad para los videojuegos serios móviles.

An Approach to Mobile Serious Games Accessibility Assessment for People with Hearing Impairments

Angel Jaramillo-Alcázar¹(✉) and Sergio Luján-Mora²

¹ Facultad de Ingenierías y Ciencias Agropecuarias,
Universidad de Las Américas, Quito, Ecuador
angel.jaramillo@udla.edu.ec

² Department of Software and Computing Systems,
University of Alicante, Alicante, Spain
sergio.lujan@ua.es

Abstract. Serious games allow educating in a fun way in different areas and its development in mobile devices has been growing since the advent of smartphones. However, accessibility for people with hearing impairments has not been considered as a necessary element in the development of this type of video games. Unfortunately, there is no model for assessing the accessibility of serious games for people with hearing impairments, although some video games development companies recommend general guidelines for the construction of these applications. This paper presents a compilation and analysis of the current accessibility guidelines for the development of video games for people with hearing impairments. As a case study, an assessment of a mobile game is made to identify its level of accessibility. An analysis tool for those who wish to develop or evaluate serious games for people with hearing impairments on mobile devices is proposed.

Keywords: Accessibility assessment · Accessibility guidelines
Hearing impairments · Mobile devices · Serious games

1 Introduction

The number of people worldwide with impairments is growing and it has been developed initiatives to promote accessibility as an important feature in the world around us, and serious games are not the exception. Serious games is a category of video games designed with the purpose of support the educational process [21].

Today, the video games development, as part of software industry, generated around \$91 billion worldwide in 2016. Of these, \$41 billion were from the video games market for mobile devices [25]. Due to this growth, serious games have

8 Inclusive Education: Mobile Serious Games for People with Cognitive Disabilities

Referencia:

Jaramillo-Alcázar, A., Luján-Mora, S., y Salvador-Ullauri, L. (2018). Inclusive Education: Mobile Serious Games for People with Cognitive Disabilities. En EnfoqueUTE. 9(1). pp. 53-66.

Disponible en:

- <https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/236>
- <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n1.236>

Temas a los que aporta:

- OE. 1 Recopilar el estado de la cuestión acerca de la accesibilidad en videojuegos serios móviles y analizar su accesibilidad.
- OE. 2 Definir un conjunto de lineamientos de accesibilidad para los videojuegos serios móviles.

Inclusive Education: Mobile Serious Games for People with Cognitive Disabilities

(Educación Inclusiva: Juegos Serios Móviles para Personas con Discapacidades Cognitivas)

Angel Jaramillo Alcázar¹, Sergio Luján-Mora², Luis Salvador-Ullauri³

Abstract:

Nowadays, the use of mobile devices is increasingly frequent. In many occasions they are used as a means of entertainment for people through video games. Serious games is a category of video games used as teaching methods in different environments. They use fun as a strategy for the learning process. However, the vast majority do not focus on vulnerable groups such as people with cognitive disabilities, because they do not consider accessibility parameters in their design. Some video games development companies have proposed general guidelines for the implementation of accessible video games, but they have not been formalized as good practices or standards. This article presents a compilation and analysis of different accessibility guidelines for the development of mobile serious games for people with cognitive disabilities. It also proposes a model to evaluate the access of serious games for people with cognitive disabilities and applies it in a case study. Finally, an evaluation tool is proposed for mobile serious games developers focused on people with cognitive disabilities.

Keywords: accessibility assessment; accessibility guidelines; cognitive disabilities; mobile devices; serious games.

Resumen:

El uso de dispositivos móviles es cada vez más frecuente. En muchas ocasiones son utilizados como un medio de entretenimiento para las personas a través de los video juegos. Los juegos serios son una categoría de video juegos utilizados como métodos de enseñanza en diferentes entornos. Ellos utilizan la diversión como una estrategia para el proceso de aprendizaje. Sin embargo, la gran mayoría no se enfoca en grupos vulnerables como las personas con discapacidad cognitiva, es decir, no consideran parámetros de accesibilidad en su diseño. Algunas empresas de desarrollo de video juegos han propuesto pautas generales para la implementación de este tipo de aplicaciones más no se han formalizado como buenas prácticas o estándares. El presente artículo presenta una recopilación y análisis de diferentes pautas de accesibilidad para el desarrollo de juegos serios móviles para personas con discapacidades cognitivas. Así también, propone un modelo de evaluación de la accesibilidad de juegos serios para dichas personas y lo aplica en un caso de estudio. Se propone una herramienta de evaluación para aquellos desarrolladores de juegos serios móviles enfocados en personas con discapacidades cognitivas.

Palabras clave: accesibilidad; discapacidad cognitiva; juegos serios; evaluación; dispositivos móviles.

¹ Universidad de Las Américas, Quito – Ecuador (angel.jaramillo@udla.edu.ec).

² University of Alicante, Alicante – Spain (sergio.lujan@ua.es).

³ Centro de Educación Continua - EPN, Quito – Ecuador (lsalvador@cec-epn.edu.ec).

9 An Approach to Inclusive Education in Electronic Engineering Through Serious Games

Referencia:

Jaramillo-Alcázar, A., Guaita, C., Rosero, J. L., y Luján-Mora, S. (2018). An approach to Inclusive Education in Electronic Engineering Through Serious Games. En XIII Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAAE). pp. 1-7.

Disponible en:

- <https://ieeexplore.ieee.org/document/8476110>
- <https://doi.org/10.1109/TAAE.2018.8476110>

Temas a los que aporta:

OE. 4 Desarrollar videojuegos serios móviles que sean accesibles para las personas con discapacidad.

An approach to Inclusive Education in Electronic Engineering Through Serious Games

Angel Jaramillo-Alcázar
Facultad de Ingenierías y
Ciencias Aplicadas,
Universidad de Las Américas,
Quito, Ecuador
angel.jaramillo@udla.edu.ec

Carlos Guaita
Facultad de Ingenierías y
Ciencias Aplicadas,
Universidad de Las Américas,
Quito, Ecuador
carlos.guaita@udla.edu.ec

Jorge L. Rosero
Facultad de Ingenierías y
Ciencias Aplicadas,
Universidad de Las Américas,
Quito, Ecuador
jorge.rosero@udla.edu.ec

Sergio Luján-Mora
Department of Software
and Computing Systems,
University of Alicante,
Alicante, Spain
sergio.lujan@ua.es

Abstract—The development of video games has had a great growth in recent years. Also, serious games have positioned themselves as a tool that support the learning process of students. Students from electronic engineering are not the exception. However, video games of this type do not usually consider accessibility parameters in their design and those for electronic engineering are not the exception. On the other hand, several educational institutions use mobile devices in their classrooms for a more didactic learning and to achieve better learning outcomes. This article proposes a mobile serious game that addresses some basic principles of electrical circuits. Also, it incorporates accessibility features for students who have hearing or visual disabilities. Experiments were carried out with people with these types of disabilities to validate their accessibility and they were evaluated to verify their level of learning. Finally, the results obtained were analyzed in order to improve the video game.

Keywords—Electronic engineering education, serious games, impairments, disabilities, mobile devices, accessibility, inclusive education.

I. INTRODUCTION

People with disabilities have grown in number around the world. Approximately one billion people live with some type of disability, it is about 15 % of the world population [1]. In addition, in 2010 around 360 million people had disabling hearing loss [2] and 285 million people had some kind of visual impairment [3]. All of them need equal conditions in their lives. Hearing and visual impairments are the two main disabilities related to the senses and this affects the perception and reception of information during learning. Hearing loss in learning may affect the students' speech and language skills and also their vocabulary development [4].

The number of people with disabilities has led to initiatives that promote accessibility as a key feature in the world around us. In serious games, accessibility is also an important feature. This is a category of video games designed with the purpose of supporting the educational process [5].

Serious games are being applied in different knowledge areas: medicine [6], engineering [7], training and education [8], programming [9], business and industry [10], nursing education [11], among others.

Accessibility is the ability of an object to be used in spite of the condition or disability of a person [12]. In video games,

accessibility is a factor that is beginning to be considered by software developers. Nevertheless, there are several players with disabilities. It is the case of Chris Robinson [13], Sven Van de Wege [14] and Ben Breen [15], better known as Phoenix, Blind Warrior and Sightless Combat respectively. All of them are fighting game players. Chris is deaf and Sven and Ben are blind. These cases exist because some video games are accessible to people with different disabilities. However, these are only exceptions.

According to [16], there are four grades of hearing impairment based on a decibel scale representing hearing loss:

- Slight/mild hearing loss (26 - 40 dB).
- Moderate hearing loss (41 - 60 dB).
- Severe hearing loss (61 - 80 dB).
- Profound hearing loss (over 81 dB).

People with mild, moderate and severe hearing loss are grouped under the term *hard of hearing*; whereas people with profound hearing loss are *deaf*. Both, hard of hearing and deaf together represents the total number of cases of hearing impairments [2].

Also, in [17], the visual function is divided into four levels:

- Normal vision.
- Moderate visual impairment.
- Severe visual impairment.
- Blindness.

Both, moderate visual impairment and severe visual impairment, are grouped under the term *low vision*; low vision and blindness together represents the total number of cases of visual impairments related to vision loss [3]. Another vision alteration is *color blindness* which is defined as inability to detect certain colors or not perceive clear differences between red and green or yellow and blue correctly [18]. The person perceives the world as shades of gray.

People with Intellectual Disabilities (ID) have troubles and barriers to get a job. Some tools based in serious games for reeducation and diagnostic of cognitively impaired persons, have been developed [19]. Also, in [20] explains the design and evaluation of 10 games that supports people with learning disabilities and additional sensory impairments to prepare themselves to deal with situation at work, such as money

10 Towards an Accessible Mobile Serious Game for Electronic Engineering Students with Hearing Impairments

Referencia:

Jaramillo-Alcázar, A., Guaita, C., Rosero, J. L., y Luján-Mora, S. (2018). Towards an Accessible Mobile Serious Game for Electronic Engineering Students with Hearing Impairments. En IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE), pp. 1-5. Disponible en:

- <https://ieeexplore.ieee.org/document/8450948>
- <https://doi.org/10.1109/EDUNINE.2018.8450948>

Temas a los que aporta:

OE. 4 Desarrollar videojuegos serios móviles que sean accesibles para las personas con discapacidad.

Towards an Accessible Mobile Serious Game for Electronic Engineering Students with Hearing Impairments

Angel Jaramillo-Alcázar
Facultad de Ingenierías y
Ciencias Aplicadas,
Universidad de Las Américas,
Quito, Ecuador
angel.jaramillo@udla.edu.ec

Carlos Guaita
Facultad de Ingenierías y
Ciencias Aplicadas,
Universidad de Las Américas,
Quito, Ecuador
carlos.guaita@udla.edu.ec

Jorge L. Rosero
Facultad de Ingenierías y
Ciencias Aplicadas,
Universidad de Las Américas,
Quito, Ecuador
jorge.rosero@udla.edu.ec

Sergio Luján-Mora
Department of Software
and Computing Systems,
University of Alicante,
Alicante, Spain
sergio.lujan@ua.es

Abstract—Nowadays, serious games have become a great tool in engineering education learning process. Despite this, accessibility for hearing impaired people has not been considered as a necessary element in the development of these kind of video games. On the other hand, mobile devices are widely used in engineering classrooms as an element that supports students learning. There are initiatives that focus on apps development for engineering education support; however, these initiatives usually lack accessibility parameters for people with hearing disabilities. This paper proposes an accessible mobile serious game for electronic engineering students that have any kind of hearing impairment, and allows to introduce them to the basic laws of electrical circuits. For its design, some video games accessibility guidelines for people with this type of impairment were considered. Finally, a test was conducted to evaluate student learning.

Keywords—Electronic engineering education, serious game, hearing impairment, mobile devices, accessibility guidelines

I. INTRODUCTION

Around the world, people with disabilities have grown in number. More than one billion people live with some type of disability, it is about 15% of the world population [1]. Furthermore, in 2010 around 360 million people worldwide had disabling hearing loss, and 32 million of these were children [2]. All of them require equal conditions in their education.

This growth has led to initiatives that promote accessibility as an important feature in the world around us. Serious games are not the exception. This is a category of video games designed with the purpose of supporting the educational process [3].

Serious games are being applied in different knowledge areas: medicine [4], engineering [5], training and education [6], programming [7], business and industry [8], nursing education [9], among others.

Accessibility is the ability of an object to be used in spite of the condition or disability of a person [10]. In video games, accessibility is a factor that is beginning to be considered by

software developers. Nevertheless, there are several players with hearing disabilities. It is the case of Chris Robinson [11], known as Phoenix, who is deaf and he is a fighting game player. Another case is Adam 'Loop' Bahriz who is a legally blind and deaf Counter-Strike gamer [12]. These cases exist because some video games are accessible to people with different disabilities.

According to [13], there are four grades of hearing impairment based on a decibel scale representing hearing loss:

- Slight/mild hearing loss (26 - 40 dB).
- Moderate hearing loss (41 - 60 dB).
- Severe hearing loss (61 - 80 dB).
- Profound hearing loss (over 81 dB).

People with mild, moderate and severe hearing loss are grouped under the term *hard of hearing*; whereas people with profound hearing loss are *deaf*. Both, hard of hearing and deaf together represents the total number of cases of hearing impairments [2].

In spite of efforts that has been made in create and develop serious games, still exist a gap in the accessibility field [14]. It can be mitigated through the serious games used in mobile devices and applied to education on people with some disorder [15], for example people with visual impairments [14].

Initiatives to design serious games for electronic engineering have emerged. Thus, in [4] a natural user interface using a kinect device for dental learning in higher education is presented. Also, in [5] a serious game based on Learning Mechanics-Game is proposed. The Ohm's law is one of the basic principles that every student of electronic engineering must understand. It is for this reason that it is considered important to apply a different learning mechanism, through a serious game, to teach the concepts related to this law. This paper proposes a serious game to teach the elemental concepts of electricity: current, voltage and resistance for students of electronic engineering. Also, some features of accessibility for people with hearing impairments are presented. Hearing loss

11 A Serious Game to Learn Basic English for People with Hearing Impairments

Referencia:

Fernández M.J., Jaramillo-Alcázar A., Galarza-Castillo M., y Luján-Mora S. (2019). A Serious Game to Learn Basic English for People with Hearing Impairments. En Information Technology and Systems (ICITS). vol 918. pp. 671-679.

Disponible en:

- https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-11890-7_63
- https://doi.org/10.1007/978-3-030-11890-7_63

Temas a los que aporta:

OE. 5 Desarrollar videojuegos serios en línea que sean accesibles para las personas con discapacidad.



A Serious Game to Learn Basic English for People with Hearing Impairments

María José Fernández¹, Angel Jaramillo-Alcázar^{1(✉)}, Marco Galarza-Castillo¹,
and Sergio Luján-Mora²

¹ Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad de Las Américas,
Quito, Ecuador

{maria.fernandez,angel.jaramillo,marco.galarza}@udla.edu.ec

² Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Alicante,
Alicante, Spain

sergio.lujan@ua.es

Abstract. In recent years, higher education has faced the need to apply educational changes due to the increase of students with special needs in the classroom. Day after day, we see changes in technology that can be exploited and mobile devices are an example of this trend. Mobile devices can be a tool used to improve the education of students with special needs, and people with hearing disabilities are not an exception. Thus, this research focuses on the development of accessible mobile serious games for education. Serious games allow people with hearing disabilities to learn by combining a tool such as a video game with a learning methodology. In this paper, we present My First English Game (MFEG), a video game whose main objective is to teach basic topics of the English language in an interactive way. Additionally, the video game includes accessibility features that make it inclusive for people with hearing disabilities. The final goal of this work is to contribute to the improvement of English learning for people with disabilities.

Keywords: Video games · Accessibility · English learning · Hearing impairments · Serious game

1 Introduction

Nowadays, technology is an active part of people's daily lives, including teaching-learning processes. Many educational institutions use technology as a tool to reinforce the teaching process, and teaching the English language is no exception [22].

It is important to consider that students with special needs are looking for options to advance in their learning. Especially hearing impaired individuals who use these spaces as a basic tool to accomplish their objectives. This kind of students use sign language as a mean of communication, some of them also use Spanish, English and others languages. With the influence of migration, it is

© Springer Nature Switzerland AG 2019

Á. Rocha et al. (Eds.): ICITS 2019, AISC 918, pp. 671–679, 2019.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-11890-7_63

12 Catch the Thief: An Approach to an Accessible Video Game with Unity

Referencia:

Flores-Garzón, E. P. , Intriago-Echeverría, L. J., Jaramillo-Alcázar, A., Criollo-C, S., y Luján-Mora, S. (2020). Catch the Thief: An Approach to an Accessible Video Game with Unity. En International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 10(3). pp. 905–913.

Disponible en:

- http://ijaseit.insightsociety.org/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=1&article_id=10938
- <https://doi.org/10.18517/ijaseit.10.3.10938>

Temas a los que aporta:

OE. 4 Desarrollar videojuegos serios móviles que sean accesibles para las personas con discapacidad.

Catch the Thief: An Approach to an Accessible Video Game with Unity

Edwin Patricio Flores-Garzón^{a,1}, Luis José Intriago-Echeverría^{a,2}, Angel Jaramillo-Alcázar^{a,3},
Santiago Criollo-C^{a,4}, Sergio Luján-Mora^b

^a Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad de Las Américas, Quito, Ecuador
E-mail: ¹edwin.flores@udla.edu.ec; ²luis.intriago.echeverria@udla.edu.ec; ³angel.jaramillo@udla.edu.ec; ⁴luis.criollo@udla.edu.ec

^b Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Alicante, Alicante, España
E-mail: sergio.lujan@ua.es

Abstract— Today, the video game industry is one of the most profitable business markets in the world. Video games are not only being used as a means of entertainment but also to reinforce education. Even though there are unbroken barriers for disabled people to use this kind of applications. Lack of accessible technologies and functions are real problems and a way of discrimination. It is a challenge for every software development organization, even for those who focuses in video game line of work. Many impaired people enjoy playing games in despite of their disabilities; however, some limitations appear when they start to play. This article presents an approach for an accessible video game developing, using Unity Engine and some of its accessibility complements to implement some functions to get better the player experience. This way, people who suffer of visual and hearing disability can be able to play and learn. Within the spectrum of disabilities this project covers are; visual and hearing, multiple variants of color-blindness and reduced vision problems. A series of settings options will have implemented with the final purpose of giving users an easier way to interact with the video game. It should be emphasized that game mechanics are based on various parameters to offer accessibility as brightness reduction, contrast and font-size adjustment, and more. Disability simulation tests will have done in order to prove the video game functionality. This research tries to increase the accessibility for people with impairments in the world of video games.

Keywords— accessibility; video games; software development; education; impairments.

I. INTRODUCTION

Video game industry was born in the 70s, with releases like Pong, Spacewar, among others [1]. In 2007, the industry had already grown \$ 35 billion in annual revenue, just 11 years later; the value of revenue for gaming line of business grew up by \$100 billion dollars, generating \$ 137.9 billion income for 2018 [2]. Playing is a fundamental activity for human development. Commonly people play for fun, entertainment even for education. In the book, “The Art of Game Design”, the author affirms that it is a vital function for any people capable of learning [3].

Nowadays, video games industry is generating many profits and revenues, becoming a great source of entertainment and learning. Plenty of these video games recreate fantasy, simulation, or virtual environments that millions of people enjoy around the world. Driving gamers to improve some skills such as creativity and imagination, which is why, it had been propounded to use them as an alternative way for education [4].

In case of serious games production, it is a little different because the main focusing for these kind of video games is learning. In 2016, the serious games market represents the 3% of the industry generating revenues of \$ 2.73 billion dollars in comparison to the \$90.6 generated by video game industry [5]. One of the main reasons for this notorious difference is people ignorance about serious games existence.

The first step for the development of video games is planning or preproduction, this is where the members of the developer team consisting mainly of: programmers, artists and designers, create the initial documentation that will carry out the development as such. This preliminary process of product creation can be divided into three stages or deliverables [6]: high concept, presentation and concept. The first document is a brief description, the second is an offer or proposal that presents the strengths that can be used to sell the game and the reasons why it would be profitable, and the third is already a document with more detail that includes the information that is generated by the video game (genre, description, history, public, estimated calendar, etc.)

13 Inclusive Education Through Accessible Mobile Serious Games

Referencia:

Jaramillo-Alcázar, A., Criollo-C, S., y Luján-Mora, S. (2020). Inclusive Education Through Accessible Mobile Serious Games. En UXD and UCD Approaches for Accessible Education. pp. 38-58.

Disponible en:

- <https://www.igi-global.com/chapter/inclusive-education-through-accessible-mobile-serious-games/247871>
- <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-2325-4.ch003>


Temas a los que aporta:

OE. 2 Definir un conjunto de lineamientos de accesibilidad para los videojuegos serios móviles.


Chapter 48

Inclusive Education Through Accessible Mobile Serious Games


Angel Jaramillo-Alcázar

 <https://orcid.org/0000-0003-4143-2515>
Universidad de Las Américas, Ecuador

Santiago Criollo-C

 <https://orcid.org/0000-0001-7212-5513>
Universidad de Las Américas, Ecuador

Sergio Luján-Mora

 <https://orcid.org/0000-0001-5000-864X>
University of Alicante, Spain

ABSTRACT

Accessibility has been defined as the ability of an object to be used despite the condition or disability of a person. However, it is a feature that often has not been taken into account in the design of products or services, and the mobile serious game market is no exception. Accessibility guidelines were defined through the consolidation of different initiatives and good practices of video game developers as well as groups interested in providing accessibility to video games. Once the guidelines were defined, a method for evaluating the accessibility of mobile serious games was developed and applied in a mobile serious game. The purpose of this document is to propose an evaluation tool for those who wish to develop accessible mobile serious games for people with impairments and improve inclusive education.

DOI: 10.4018/978-1-6684-3710-0.ch048

Copyright © 2022, IGI Global. Copying or distributing in print or electronic forms without written permission of IGI Global is prohibited.

14 A Method to Develop Accessible Online Serious Games for People with Disabilities: A Case Study

Referencia:

Jaramillo-Alcázar, A., Cortez-Silva, P., Galarza-Castillo, M., y Luján-Mora, S. (2020). A Method to Develop Accessible Online Serious Games for People with Disabilities: A Case Study. En *Sustainability*. 12(22). 9584.

Disponible en:

- <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/22/9584>
- <https://doi.org/10.3390/su12229584>

Temas a los que aporta:

- OE. 3 Diseñar un método de desarrollo de videojuegos serios con características de accesibilidad para personas con discapacidad.
- OE. 5 Desarrollar videojuegos serios en línea que sean accesibles para las personas con discapacidad.

Article

A Method to Develop Accessible Online Serious Games for People with Disabilities: A Case Study

Angel Jaramillo-Alcázar ^{1,*} , Paz Cortez-Silva ¹, Marco Galarza-Castillo ¹  and Sergio Luján-Mora ² 

¹ Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de Las Américas, Quito 170125, Ecuador; maria.cortez@udla.edu.ec (P.C.-S.); marco.galarza@udla.edu.ec (M.G.-C.)

² Department of Software and Computing Systems, University of Alicante, 03690 Alicante, Spain; sergio.lujan@ua.es

* Correspondence: angel.jaramillo@udla.edu.ec; Tel.: +593-99-837-2323

Received: 14 October 2020; Accepted: 11 November 2020; Published: 17 November 2020



Abstract: Video games that are used as teaching tools are called serious games. However, there is an important factor that is not usually considered in the design of serious games—the inclusion of people with disabilities. Inclusion can be reached only if accessibility takes an important role for all. On the other hand, new trends have resulted in different smart devices being used in classrooms. These devices also allow for applications, such as serious games, to be used to support people’s learning process. Despite this, these applications are generally not multi-platform and do not usually consider accessibility features for people with disabilities. This paper proposes a method to develop accessible online serious games that consider people with disabilities as potential users. The method is applied in the case study of an online serious game that teaches about the architecture of a computer in a fun and entertaining way. The method also presents and describes several guidelines to improve online serious game accessibility for people with disabilities. Finally, tests are conducted with some users to gather information about the online serious game and the accessibility features included. This study has important implications for the development of learning tools that consider people with disabilities.

Keywords: accessibility; disabilities; educational; impairments; learning; multi-platform; online; serious games

1. Introduction

Nowadays, technology is an active part of people’s daily lives, including teaching–learning processes. Many educational institutions support their teaching processes through the use of technology [1].

Around the world, there are many people with disabilities and every year they increase in number. Approximately one billion people live with some type of disability, which corresponds to 15% of the world population [2]. It is important to emphasize that this percentage will increase due to the ageing of the world population [3] and that each one requires equal conditions at any level of their education. Additionally, it is important to consider that with such a high number of possible users for software, it would be illogical to ignore the fact that accessibility features can increase the scope of an application as well as improve its versatility.

Beyond being just a matter of extra features, accessibility should be considered as the parameters or even the minimum requirements that need to be met in the development process of any type of software [4]. For example, there are many government information systems that are of great importance to the inhabitants of a nation. The access and ease of use of these platforms is not only

15 An Approach to Accessible Serious Games for People with Dyslexia

Referencia:

Jaramillo-Alcázar, A., Venegas, E., Criollo-C, S., y Luján-Mora, S. (2021). An Approach to Accessible Serious Games for People with Dyslexia. En Sustainability. 13(5). 2507.

Disponible en:




- <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/5/2507>
- <https://doi.org/10.3390/su13052507>

Temas a los que aporta:

- OE. 3 Diseñar un método de desarrollo de videojuegos serios con características de accesibilidad para personas con discapacidad.
- OE. 4 Desarrollar videojuegos serios móviles que sean accesibles para las personas con discapacidad.

Article

An Approach to Accessible Serious Games for People with Dyslexia

Angel Jaramillo-Alcázar ^{1,*} , Eduardo Venegas ¹, Santiago Criollo-C ¹  and Sergio Luján-Mora ² 

¹ Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de Las Américas, Quito 170125, Ecuador; juan.venegas@udla.edu.ec (E.V.); luis.criollo@udla.edu.ec (S.C.-C)

² Department of Software and Computing Systems, University of Alicante, 03690 Alicante, Spain; sergio.lujan@ua.es

* Correspondence: angel.jaramillo@udla.edu.ec; Tel.: +593-99-837-2323

Abstract: Dyslexia is a cognitive disorder that affects the evolutionary ability to read, write, and speak in people, affecting the correct learning of a large percentage of the population worldwide. In fact, incorrect learning is caused because the educational system does not take into consideration the accessibility parameters that people with dyslexia need to maintain a sustainable educational level equal to others. Moreover, the use of mobile devices, such as smartphones and tablets, has been deployed in education programs, offering many benefits; however, the lack of accessibility of those devices creates new barriers to students with dyslexia that hinder their education. With the aim of reducing these barriers, this paper presents an approach to the development of accessible serious games for children with dyslexia. As a case study, a serious game based on a previously proposed serious game development method and a new set of accessibility guidelines for people with dyslexia is presented. The main purpose of the serious video game is to improve the treatment of dyslexia, through the collection of data obtained from two puzzles designed to train certain cognitive areas that affect this disability. This article has a double contribution: on the one hand, the guidelines and the method that can help video game developers and therapists to develop accessible serious games for people with dyslexia and, on the other hand, the two specific serious games that can be used by therapists, family members and people with dyslexia themselves.

Keywords: accessibility; development method; disabilities; educational; impairments; learning; serious games; sustainability



Citation: Jaramillo-Alcázar, A.; Venegas, E.; Criollo-C, S.; Luján-Mora, S. An Approach to Accessible Serious Games for People with Dyslexia. *Sustainability* **2021**, *13*, 2507. <https://doi.org/10.3390/su13052507>

Academic Editor: Marc A. Rosen and Jesús-Nicasio García-Sánchez

Received: 30 November 2020
Accepted: 7 February 2021
Published: 26 February 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

The huge growth and popularity that video game industry has had in the last four decades has made them to no longer be used solely for the entertainment of people. Currently, video games have an infinite number of applications in multiples areas of study [1]. Therefore, serious video games facilitate or optimize fields such as: medicine and diagnosis [2,3], special education [4,5], psychology [6,7], university education [8,9], social abilities [10,11], public security [12,13], military training [14,15] and many other areas of knowledge. These video games are known as serious video games [16,17].

Today, mobile video games are becoming the main applications developed for entertainment [18]. Indeed, this is produced because mobile devices have become popular among young people and adults, being acquired by more and more people over time. As a consequence, mobile devices are becoming a necessity to be part of society, both in the academic, labor and social part [19]. Furthermore, mobile devices such as smartphones, tablets, etc., have the potential to improve accessibility. These devices offer users of all ages a way to express themselves in different modalities and customize them with the tools and applications that are more useful for the user. Also, mobile devices give portability to the users, meaning that can be carried and used anywhere, thus strengthening the ties from school to home in the case of students [20]. There are multiple platforms to develop

16 Method for the Development of Accessible Mobile Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorder

Referencia:

Jaramillo-Alcázar, A., Arias, J., Albornoz, I., Alvarado, A., y Luján-Mora, S. (2022). Method for the Development of Accessible Mobile Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorder. En *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(7). 3844.

Disponible en:

- <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/7/3844/html>
- <https://doi.org/10.3390/ijerph19073844>

Temas a los que aporta:

- OE. 3 Diseñar un método de desarrollo de videojuegos serios con características de accesibilidad para personas con discapacidad.
- OE. 4 Desarrollar videojuegos serios móviles que sean accesibles para las personas con discapacidad.



Article

Method for the Development of Accessible Mobile Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorder

Angel Jaramillo-Alcázar ^{1,*}, José Arias ¹, Israel Albornoz ¹, Alex Alvarado ¹ and Sergio Luján-Mora ²

¹ Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de Las Américas, Quito 170125, Ecuador; jose.arias@udla.edu.ec (J.A.); israel.albornoz@udla.edu.ec (I.A.); alex.alvarado@udla.edu.ec (A.A.)

² Department of Software and Computing Systems, University of Alicante, 03690 Alicante, Spain; sergio.lujan@ua.es

* Correspondence: angel.jaramillo@udla.edu.ec; Tel.: +593-99-837-2323

Abstract: Autism spectrum disorder (ASD) covers a range of neurodevelopmental disorders that begin in early childhood and affects developmental activities. This condition can negatively influence the gaining of knowledge, skills, and abilities, such as communication. Over time, different techniques and methods have been put into practice to teach and communicate with children with ASD. With the rapid advancement in the field of technology, specifically in smartphones, researchers have generated creative applications, such as mobile serious games, to help children with ASD. However, usability and accessibility have not been often taken into account in the development of this type of applications. For that reason, in this work we considered that both, usability and especially accessibility are a very important differentiators for the quality and efficiency of mobile serious games. Our approach has two important contributions, the incorporation of accessibility as a fundamental requirement in the development of a mobile serious game and the proposal of a method for the development of this type of applications for children with ASD, a method that can be used by other developers.

Keywords: accessibility; autism; disabilities; educational; impairments; learning; serious games; sustainability; ASD



Citation: Jaramillo-Alcázar, A.; Arias, J.; Albornoz, I.; Alvarado, A.; Luján-Mora, S. Method for the Development of Accessible Mobile Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorder. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 3844. <https://doi.org/10.3390/ijerph19073844>

Academic Editor: Florian Fischer

Received: 15 February 2022

Accepted: 21 March 2022

Published: 24 March 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

One in every 160 children in the world suffers from an autism spectrum disorder (ASD) [1], which is characterized by deficits in social communication and social interaction, and by the incorporation of repetitive and ritualistic behaviors that are present in the early childhood and impair daily functioning [2]. Current treatment options are largely based on the treatment of comorbid psychiatric, neurological or medical conditions, as the core symptoms of autism are often refractory to current pharmacotherapeutic options [3]. Therefore, many attempts to develop novel treatments have been aimed at improving core features in the hope of possibly changing the natural course of the condition [4].

Currently, we live in a world in which Information and Communication Technologies (ICT) are present in a very direct way in our society and, for this reason, we consider important that education is not left out of this phenomenon. We have investigated the applications that can serve as a tool for children with ASD in order to help them respond to their educational needs in a different, attractive and innovative way. ICT focused at children with ASD aim to improve communication and language, allowing them to express their emotions and identify the emotions of others to improve their social interaction [5]. By allowing them to have a tool that helps them in their social insertion, the integration of children with ASD in their environment is more natural and, therefore, the development of their skills and their self-sufficiency increases [6]. Additionally, it is widely known that children with ASD symptoms have extraordinary abilities to work with digital technology [7]. Portable devices, touchscreens, apps and more are undoubtedly those factors that allow children with ASD to generate these digital skills [8]. Even today, there are many

Parte III
CONCLUSIONES



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

17 Conclusiones

En la actualidad, el aprendizaje ha trascendido hacia incorporar tecnologías que incluyan elementos multimedia e interactivos complejos, como los videojuegos, que en muchas ocasiones pueden tener barreras de accesibilidad. Aunque existe un esfuerzo continuo por reducir las barreras de accesibilidad en los sistemas de información, algunos de los medios más innovadores, como los videojuegos serios, no están recibiendo suficiente atención. Los videojuegos impulsados por el entretenimiento pueden darse el lujo de ignorar las preocupaciones de accesibilidad, pero los videojuegos serios, empleados en la educación, deben ser inclusivos y estar disponibles para todos, independientemente de sus condiciones individuales.

Por otro lado, el uso de dispositivos móviles se ha incrementado en los últimos años y esto ha motivado el desarrollo de más aplicaciones que puedan estar al alcance de más personas. Los videojuegos son muy utilizados por los usuarios de dispositivos móviles y el mercado de los videojuegos móviles puede resultar muy atractivo para este segmento. Teniendo cuenta esta premisa, muchas iniciativas están definiendo buenas prácticas para el desarrollo de videojuegos para personas con discapacidad. Sin embargo, estos lineamientos no han consolidado un modelo formal que permita el desarrollo de videojuegos accesibles. W3C está comenzando a enfocarse en definir pautas para aplicaciones web en dispositivos móviles a través de WCAG 2.1, pero sin enfocarse en videojuegos.

Esta investigación trata sobre la relación entre los videojuegos serios y sus características de accesibilidad para poder ser usado por cualquier persona con discapacidad. Esta iniciativa contribuye a la mejora en la educación de las personas con discapacidad. El uso de videojuegos serios accesibles respalda el Artículo 24 — Educación de la Convención de las Naciones Unidas (ONU) sobre los derechos de las personas con discapacidad (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2006) y el objetivo cuatro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU — Educación de calidad (Naciones Unidas, 2015), considerando que apoya a las personas con discapacidad para que tengan acceso a la educación en igualdad de condiciones con las personas sin discapacidad.

Los videojuegos serios son una estrategia para presentar un tema aparentemente serio, como el aprendizaje, en un esquema divertido y lúdico. Los videojuegos serios

sin duda promueven el desarrollo de habilidades en las personas y las personas con discapacidad no son una excepción. Al incorporar parámetros de accesibilidad en este tipo de aplicaciones, su implementación permitirá generar diferentes experiencias de aprendizaje, especialmente para personas con discapacidad.

Uno de los objetivos de este trabajo es brindar pautas generales que apoyen el desarrollo de videojuegos móviles accesibles para personas con discapacidad para mejorar la inclusión en la educación. El crecimiento de los videojuegos móviles lleva a considerar parámetros de accesibilidad en su diseño e implementación. Los videojuegos móviles no accesibles son una limitación para las personas con discapacidad, especialmente en la educación.

El análisis de las pautas de accesibilidad de varios autores nos permite consolidar una guía con las relacionadas con el desarrollo de videojuegos accesibles, especialmente en dispositivos móviles. Es importante considerar que existen más lineamientos y que podrían ser aplicados en el desarrollo de videojuegos para otras plataformas. Asimismo, la accesibilidad es un aspecto clave y necesario para alcanzar una adecuada experiencia de usuario y usabilidad, es decir, una solución tecnológica fácil de usar e intuitiva para todos los usuarios, independientemente de sus capacidades, experiencia o dispositivo que utilicen.

Asimismo, categorizar los lineamientos de acuerdo a la complejidad de implementación y el beneficio que brinda a la persona con discapacidad es estratégico. De esta manera, es posible que el desarrollador pueda identificar las pautas que son más necesarias o las que requieren menos tiempo para implementarse. En un proyecto de desarrollo de videojuegos móviles, estos criterios pueden ser útiles en la etapa de planificación de actividades.

Es importante considerar que no se debe descuidar la accesibilidad del software. De hecho, aunque existen estándares de accesibilidad, especialmente para la web, aún no se ha definido un estándar específico para videojuegos. La implementación de características de accesibilidad en el software a veces implica que su diseño e implementación lleve más tiempo teniendo en cuenta que varias características de accesibilidad son complejas de implementar.

La accesibilidad y la eficacia son las claves de la educación del futuro, porque sin estas propiedades las brechas educativas inevitablemente se ampliarán, dice Rafael Reif, presidente del Instituto Tecnológico de Massachusetts (Agencia EFE, 2018). Sin embargo, hay una falta de implementación de videojuegos serios con funciones de accesibilidad. Es por esa razón que este tipo de proyectos de investigación promueven el aumento de videojuegos accesibles en el mercado. Estos trabajos demuestran que es necesario aplicar lineamientos de accesibilidad en los videojuegos serios para personas con discapacidad. De hecho, la industria de los videojuegos ha comenzado a tomar en cuenta la necesidad de implementar características de accesibilidad (Paiva, Freire, y de Mattos Fortes, 2021), para que todos los jugadores puedan disfrutar plenamente de la experiencia de los videojuegos sin ninguna restricción.

Los casos de estudio de los artículos validan que el método propuesto puede ser aplicado en iniciativas que mejoren la vida de las personas con discapacidad. El método de desarrollo de videojuegos serios utilizado es muy amplio y se puede replicar en cualquier nivel educativo y para cualquier tipo de discapacidad. Este es uno de los

principales motivadores para seguir generando proyectos similares.

El método para el desarrollo de videojuegos serios accesibles presentado en este trabajo busca ser una guía para que desarrolladores interesados en esta área puedan seguir un proceso consolidado y puedan adaptar dos ejes importantes: el aprendizaje y la accesibilidad. Las etapas que contemplan el método propuesto buscan brindar la mayor cantidad de detalle necesario para que el videojuego serio, por un lado, pueda apoyar y fortalecer al aprendizaje de algún escenario en particular que se desee enseñar; mientras que a la vez busca incorporar en el diseño natural de un videojuego serio aquellas características que le permitan ser inclusivo y accesible para las personas con discapacidad.

Asimismo, el método de desarrollo de los videojuegos serios permitió captar los elementos necesarios, tanto en términos de jugabilidad como de accesibilidad. De esta manera, es posible construir videojuegos serios que incluyan todos los elementos necesarios para ser utilizados por personas con discapacidad y para objetivos variados.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

18 Trabajos futuros

Nosotros creemos que la metodología de desarrollo propuesta en este trabajo y el caso de estudio presentado, proporcionan una línea base estable sobre la cual se puede seguir investigando y aportando mecanismos que, manteniendo el norte de mejorar el aprendizaje y promover la accesibilidad, permitan mejorar el desarrollo de videojuegos serios. Para concluir esta investigación presentamos una serie de ideas o recomendaciones del trabajo a futuro que podría desarrollarse.

En el futuro, se tiene la intención de implementar una mayor variedad de videojuegos serios y evaluarlos con un grupo considerable de jugadores para verificar y medir su usabilidad y efectividad. Esta evaluación no fue posible realizarla durante la ejecución de la investigación debido a que cuando estaba previsto hacerlo, inició la pandemia. Por esta razón, se evaluará un grupo experimental durante un período de tiempo, donde se evaluarán los resultados reflejados en la mejora de las capacidades de las personas con discapacidad. Además, se pretende implementar nuevas funciones de accesibilidad, juegos para diferentes tratamientos y compatibilidad para más dispositivos o software, como PC, Mac e iOS, para tener un juego serio multiplataforma. Además, se analizarán los recursos necesarios para implementar una infraestructura que permita ampliar las características de los videojuegos de acuerdo a las necesidades de los involucrados.

El encontrar diferentes métodos de enseñanza-aprendizaje siempre será un reto y sin duda cualquier herramienta que facilite este proceso será bienvenida. El poder aplicar el método descrito en este trabajo en diferentes temáticas académicas, empresariales, sociales, y más, sin duda permitirá que las personas aprendan a través de una forma lúdica y entretenida considerando todos los parámetros que un videojuego serio debe tener. Asimismo, la aplicación de este método, además de apoyar al aprendizaje, permite la inclusión del grupo de personas que muchas veces no son consideradas, es decir las personas con discapacidad. El contar con más de 50 lineamientos de accesibilidad abarca un universo de posibilidades para desarrollar videojuegos serios para personas con discapacidad visual, auditiva, motriz o cognitiva e incluso alcanzar que estos videojuegos sean universalmente accesibles.

Por otro lado, no cabe duda de que la accesibilidad es un factor muy importante para cualquier tipo de aplicación en la actualidad, y la educación no es la excepción.

Es importante pensar a futuro en una herramienta que permita evaluar la accesibilidad de videojuegos serios. La disponibilidad de una herramienta para evaluar la accesibilidad de un videojuego es más que relevante. Con esta herramienta, una persona con discapacidad podría seleccionar adecuadamente videojuegos para su condición.

Este estudio deja abierta la oportunidad de generar a futuro una metodología de evaluación de juegos serios móviles accesibles que considere componentes de accesibilidad que satisfagan las necesidades de las personas con discapacidad. Además, será posible probar, con personas con discapacidad, la eficacia de las funciones de los videojuegos serios.

Finalmente, es claro que las personas con discapacidad requieren iniciativas que mejoren las condiciones de su vida cotidiana y la educación no es la excepción. Por ello, consideramos importante el desarrollo de herramientas que permitan evaluar la accesibilidad de aplicaciones educativas como los videojuegos serios móviles. Este estudio apoya la iniciativa de inclusión en la educación.

En este trabajo se han sentado las bases para continuar y abrir nuevas investigaciones. Se ha especificado una metodología que gira entorno al aprendizaje y que se puede utilizar como una herramienta que implementa lineamientos de accesibilidad en los videojuegos serios. Esperamos que en los próximos años se siga avanzando en este sentido y que tanto el aprendizaje como la accesibilidad vayan tomando peso dentro del mundo de desarrollo de videojuegos serios.

Referencias

- Accessible University. (2016). *Defining Accessibility*. Descargado 2018-04-18, de <https://goo.gl/Hwr2vC>
- Agencia EFE. (2018). *Accesibilidad y efectividad, las claves de la educación del futuro, para el MIT*. Descargado 2020-11-30, de <https://www.efe.com/efe/america/sociedad/accesibilidad-y-efectividad-las-claves-de-la-educacion-del-futuro-para-el-mit/20000013-3547083>
- Aguado, J., y Estrada, F. (2017). *Guía de accesibilidad de aplicaciones móviles (apps)*. Descargado 2018-05-23, de <https://goo.gl/dYzKo4>
- AIS - Accessibility Indicator System. (2019). *La accesibilidad, presente en los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Descargado 2020-10-01, de <https://www.aiscertificacion.com/la-accesibilidad-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Anderson, T., Blank, M., Daniels, B., y Lebling, D. (2014). *Zork | Play online at textadventures.co.uk*. Descargado de <https://goo.gl/UZN2F2>
- Android Developers. (2017). *Accessibility in Android*. Descargado 2017-07-15, de <https://goo.gl/iNtr9w>
- Apple Developer. (2017). *Accessibility on iOS*. Descargado 2017-07-15, de <https://goo.gl/MYzALz>
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2006). *Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad*. Descargado 2017-07-13, de <https://www.refworld.org/cgi-bin/texis/vtx/rwmain/opendocpdf.pdf?reldoc=y&docid=497f08549>
- AudioGames.net. (2017). *AudioGames, your resource for audiogames, games for the blind, games for the visually impaired!* Descargado 2017-07-13, de <https://goo.gl/J1wKc2>
- Battocchi, A., Ben-Sasson, A., Esposito, G., Gal, E., Pianesi, F., Tomasini, D., ... Zancanaro, M. (2010). Collaborative puzzle game: a tabletop interface for fostering collaborative skills in children with autism spectrum disorders. *Journal of Assistive Technologies*, 4(1), 4-13. doi: 10.5042/jat.2010.0040

Referencias

- Blumberg, F. C., Almonte, D. E., Anthony, J. S., y Hashimoto, N. (2012). *Serious Games: What Are They? What Do They Do? Why Should We Play Them?* Oxford University Press. doi: 10.1093/oxfordhb/9780195398809.013.0019
- Bonilla, M., y Chaskel, R. (2016). *Trastorno del espectro autista*. Sociedad Colombiana de Pediatría. Descargado 2021-01-14, de <https://scp.com.co/wp-content/uploads/2016/04/2.-Trastorno-espectro.pdf>
- Bouzid, Y., Khenissi, M. A., y Jemni, M. (2015). Designing a game generator as an educational technology for the deaf learners. En *International Conference on Information Communication Technology and Accessibility* (pp. 1–6). doi: 10.1109/ICTA.2015.7426914
- Callaghan, M., Savin-Baden, M., McShane, N., y Eguíluz, A. G. (2017). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis in engineering education. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 5(1), 77-83. doi: 10.1109/TETC.2015.2504241
- Cisco. (2017). *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016–2021 White Paper*. Descargado 2017-07-11, de <https://goo.gl/Fk2beu>
- Colour Blind Awareness. (2010). *What is Colour Blindness? — Colour Blind Awareness*. Descargado 2017-07-11, de <https://goo.gl/kzJmX>
- Creative Logic Entertainment. (2014). *Zany Touch*. Descargado 2017-07-12, de <https://goo.gl/2BHmaV>
- de Urturi, Z. S., Zorrilla, A. M., y Zapirain, B. G. (2011). Serious game based on first aid education for individuals with autism spectrum disorder (asd) using android mobile devices. En *International Conference on Computer Games (CGAMES)* (p. 223-227). doi: 10.1109/CGAMES.2011.6000343
- Eurogamer. (2016). *Meet the blind gamer with a Killer Instinct*. Descargado 2017-07-26, de <https://goo.gl/dJNUMH>
- Fernández, M. J., Jaramillo-Alcázar, A., Galarza-Castillo, M., y Luján-Mora, S. (2019). A Serious Game to Learn Basic English for People with Hearing Impairments. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 671–679. doi: 10.1007/978-3-030-11890-7_63
- Flores-Garzón, E. P., Intriago-Echeverría, L. J., Jaramillo-Alcázar, A., Criollo-C, S., y Luján-Mora, S. (2020). Catch the thief: An approach to an accessible video game with unity. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10(3), 905–913. doi: 10.18517/ijaseit.10.3.10938
- Furuichi, M., Aibara, M., y Yanagisawa, K. (2014). Design and implementation of serious games for training and education. En *International Conference on Control (CONTROL)* (p. 691-695). doi: 10.1109/CONTROL.2014.6915223
- Game Accessibility Guidelines. (2013). *A straightforward reference for inclusive game design*. Descargado 2017-07-11, de <http://gameaccessibilityguidelines.com/>
- GameLearn. (2015). *The future of serious games through the lens of mobile devices*. Descargado 2017-07-11, de <https://goo.gl/g317vw>
- Govender, M., Bowen, R. C., German, M. L., Bulaj, G., y Bruggers, C. S. (2015). Clinical and Neurobiological Perspectives of Empowering Pediatric Cancer Pa-

- tients Using Videogames. *Games for Health Journal*, 4(5), 362–374. doi: 10.1089/g4h.2015.0014
- Grammenos, D., Savidis, A., y Stephanidis, C. (2007). Unified Design of Universally Accessible Games. En *Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services* (pp. 607–616). doi: 10.1007/978-3-540-73283-9_67
- Grammenos, D., Savidis, A., y Stephanidis, C. (2009). Designing universally accessible games. *Computers in Entertainment*, 7(1), 1. doi: 10.1145/1486508.1486516
- Hamari, J., y Sjöblom, M. (2017). What is esports and why do people watch it? *Internet Research*, 27(2), 211-232. doi: 10.1108/IntR-04-2016-0085
- Hatzigiannakoglou, P. (2015). Junk-Food Destroyer: Helping Adolescents with Down Syndrome to Understand Healthy Eating through Serious Game. En *7th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-Games)* (pp. 1–5). doi: 10.1109/VS-GAMES.2015.7295778
- Her Interactive. (2014). *Nancy Drew Games: Ghost of Thornton Hall*. Descargado 2017-06-10, de <https://goo.gl/8xf88K>
- Huizenga, J., Admiraal, W., ten Dam, G., y Voogt, J. (2019). Mobile game-based learning in secondary education: Students' immersion, game activities, team performance and learning outcomes. *Computers in Human Behavior*, 99, 137–143. doi: 10.1016/j.chb.2019.05.020
- International Game Developers Association (IGDA) | Game Accessibility SIG. (2004). *Accessibility in Games: Motivations and Approaches*. Descargado 2017-05-21, de <https://goo.gl/MmgwZs>
- Jaramillo-Alcázar, A., Arias, J., Albornoz, I., Alvarado, A., y Luján-Mora, S. (2022). Method for the Development of Accessible Mobile Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorder. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 3844. doi: 10.3390/ijerph19073844
- Jaramillo-Alcázar, A., Cortez-Silva, P., Galarza-Castillo, M., y Luján-Mora, S. (2020). A method to develop accessible online serious games for people with disabilities: A case study. *Sustainability*, 12(22), 1–22. doi: 10.3390/su12229584
- Jaramillo-Alcázar, A., Criollo-C, S., y Luján-Mora, S. (2020). Inclusive Education Through Accessible Mobile Serious Games. *UXD and UCD Approaches for Accessible Education*, 38–58. doi: 10.4018/978-1-7998-2325-4.CH003
- Jaramillo-Alcázar, A., y Luján-Mora, S. (2017). Mobile serious games: An accessibility assessment for people with visual impairments. En *5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. doi: 10.1145/3144826.3145416
- Jaramillo-Alcázar, A., y Luján-Mora, S. (2018). An Approach to Mobile Serious Games Accessibility Assessment for People with Hearing Impairments. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 552–562. doi: 10.1007/978-3-319-73450-7_52
- Jaramillo-Alcázar, A., Salvador-Ullauri, L., y Luján-Mora, S. (2017). A mobile serious games assessment tool for people with motor impairments. En *9th International Conference on Education Technology and Computers* (p. 172–177). doi: 10.1145/3175536.3175569
- Jaramillo-Alcázar, A., Guaita, C., Rosero, J. L., y Luján-Mora, S. (2018a). An approach

Referencias

- to inclusive education in electronic engineering through serious games. En *2018 XIII Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAAE)* (p. 1-7). doi: 10.1109/TAAE.2018.8476110
- Jaramillo-Alcázar, A., Guaita, C., Rosero, J. L., y Luján-Mora, S. (2018b). Towards an accessible mobile serious game for electronic engineering students with hearing impairments. En *2018 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)* (p. 1-5). doi: 10.1109/EDUNINE.2018.8450948
- Jaramillo-Alcázar, A., Luján-Mora, S., y Salvador-Ullauri, L. (2017). Accessibility assessment of mobile serious games for people with cognitive impairments. En *2017 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS)* (p. 323-328). doi: 10.1109/INCISCOS.2017.12
- Jaramillo-Alcázar, A., Luján-Mora, S., y Salvador-Ullauri, L. (2018). Inclusive education: Mobile serious games for people with cognitive disabilities. *Enfoque UTE*, 9(1), pp. 53 - 66. doi: 10.29019/enfoqueute.v9n1.236
- Jaramillo-Alcázar, A., Venegas, E., Criollo-C, S., y Luján-Mora, S. (2021). An approach to accessible serious games for people with dyslexia. *Sustainability*, 13(5). doi: 10.3390/su13052507
- Jordine, T., Liang, Y., y Ihler, E. (2014). A mobile-device based serious gaming approach for teaching and learning java programming. En *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (p. 1-5). doi: 10.1109/FIE.2014.7044206
- Kalhari, S. R. N., Hemmat, M., Noori, T., Heydarian, S., y Katigari, M. R. (2020). Quality Evaluation of English Mobile Applications for Gestational Diabetes: App Review using Mobile Application Rating Scale (MARS). *Current Diabetes Reviews*, 17(2), 161–168. doi: 10.2174/1573399816666200703181438
- Kotaku. (2017). *Blind Player Racks Up A Win At His First Street Fighter V Tournament*. Descargado 2017-07-26, de <https://goo.gl/Z6qURF>
- Larco, A., Carrillo, J., Chicaiza, N., Yanez, C., y Luján-Mora, S. (2021). Moving beyond Limitations: Designing the Helpdys App for Children with Dyslexia in Rural Areas. *Sustainability*, 13(13), 7081. doi: 10.3390/SU13137081
- Larco, A., Peñafiel, P., Yanez, C., y Luján-Mora, S. (2021). Thinking about Inclusion: Designing a Digital App Catalog for People with Motor Disability. *Sustainability*, 13(19), 10989. doi: 10.3390/SU131910989
- Lau, H. M., Smit, J. H., Fleming, T. M., y Riper, H. (2017). Serious games for mental health: Are they accessible, feasible, and effective? A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychiatry*, 7, 1. doi: 10.3389/fpsy.2016.00209
- Lebeau, K., Huey, L. G., y Hart, M. (2019). Assessing the Quality of Mobile Apps Used by Occupational Therapists: Evaluation Using the User Version of the Mobile Application Rating Scale. *JMIR Mhealth Uhealth*, 7(5), e13019. doi: 10.2196/13019
- McFadyen, S. (2016). *Disabled gamer shows Street Fighter pros how it's done using only his mouth*. Descargado 2017-09-16, de <https://goo.gl/Pzfn6M>
- MediaLT. (2004). *Guidelines for the development of entertaining software for people with multiple learning disabilities*. Descargado 2017-07-12, de <https://goo.gl/9dtDwf>
- Michael, D. R., y Chen, S. L. (2005). *Serious games: Games that educate, train, and*

- inform.* Muska & Lipman/Premier-Trade.
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivo 4: Educación de Calidad*. Descargado 2020-11-12, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>
- Napoli, M. L. (2019). *Beginning flutter: A hands on guide to app development*. John Wiley & Sons.
- Newzoo. (2017). *Global Games Market Report*. Descargado 2017-11-04, de <https://goo.gl/FbnXyy>
- Norte, S., y Lobo, F. (2008). A sudoku game for people with motor impairments. *SIGCSE Bull.*, 40(3), 319. doi: 10.1145/1597849.1384362
- Organización Mundial de la Salud. (2011). Informe mundial sobre la discapacidad. Descargado 2017-09-04, de https://www.afro.who.int/sites/default/files/2017-06/9789240688230_spa.pdf
- Paiva, D. M. B., Freire, A. P., y de Mattos Fortes, R. P. (2021, jan). Accessibility and Software Engineering Processes: A Systematic Literature Review. *Journal of Systems and Software*, 171, 110819. doi: 10.1016/j.jss.2020.110819
- Payne, R. (2019). *Beginning App Development with Flutter*. Berkeley, CA: Apress. doi: 10.1007/978-1-4842-5181-2
- Paz, F., Villanueva, D., Rusu, C., Roncagliolo, S., y Pow-Sang, J. A. (2013). Experimental evaluation of usability heuristics. *10th International Conference on Information Technology: New Generations, ITNG*, 119–126. doi: 10.1109/ITNG.2013.23
- PCGamesN. (2017). *Legally deaf-blind CS:GO player Loop offered pro streamer contract after community support | PCGamesN*. Descargado 2017-09-02, de <https://goo.gl/fDLZgk>
- Pérez-Castilla Alvarez Colaboradores, L., Abenójar Agudo, V., Arribas Rincón, F., Aymerich Sabariego, M., Badia Corrons, A., Baldassarri, S., ... Villegas Portero Rocío Zaragoza Martín, E. (2012). Buenas prácticas de accesibilidad en videojuegos. Descargado 2019-09-30, de <https://goo.gl/jdofHG>
- Pinheiro, O. R., Alves, L. R. G., Romero, M. F. M., y de Souza, J. R. (2016). Wheelchair simulator game for training people with severe disabilities. En *1st International Conference on Technology and Innovation in Sports, Health and Wellbeing* (pp. 1–8). doi: 10.1109/TISHW.2016.7847792
- Riedel, J. C. K. H., y Hauge, J. B. (2011). State of the art of serious games for business and industry. En *International Conference on Concurrent Enterprising (ICCE)* (p. 1-8).
- Rodríguez-Andrés, D., Juan, M. C., Mollá, R., y Méndez-López, M. (2017). A 3D Serious Game for Dental Learning in Higher Education. En *17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (p. 111-115). doi: 10.1109/ICALT.2017.29
- Rogers, S. (2014). *Level up! : the guide to great video game design*. John Wiley & Sons.
- Seo, Y., Buchanan-Oliver, M., y Fam, K.-S. (2015). Advancing research on computer game consumption: A future research agenda. *Journal of Consumer Behaviour*, 14(6), 353–356. (JCB-15-332) doi: 10.1002/cb.1557
- Stoyanov, S. R., Hides, L., Kavanagh, D. J., Zelenko, O., Tjondronegoro, D., y Mani, M. (2015). Mobile App Rating Scale: A New Tool for Assessing the Quality of Health

Referencias

- Mobile Apps. *JMIR Mhealth Uhealth*, 3(1), e3422. doi: 10.2196/MHEALTH.3422
- Tan, A. J. Q., Lau, C. C. S., y Liaw, S. Y. (2017). Serious games in nursing education: An integrative review. En *International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS GAMES)* (p. 187-188). doi: 10.1109/VS-GAMES.2017.8056599
- The AbleGamers Foundation. (2012). *A Practical Guide to Game Accessibility*. Descargado 2017-09-16, de <https://goo.gl/kXkoSf>
- Tore, P. A. D., Tore, S. D., Ludovico, L. A., y Mangione, G. R. (2014). MADRIGALE: A Multimedia Application for Dyslexia and Reading Improvement GAMifying Learning Experience. En *International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems* (pp. 486–491). doi: 10.1109/INCoS.2014.48
- Torres-Carazo, M. I., Rodríguez-Fórtiz, M. J., y Hurtado, M. V. (2016). Analysis and review of apps and serious games on mobile devices intended for people with visual impairment. En *International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)* (p. 1-8). doi: 10.1109/SeGAH.2016.7586263
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2022). *5G - Quinta generación de tecnologías móviles*. Descargado 2020-05-06, de <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/5G-fifth-generation-of-mobile-technologies.aspx>
- World Health Organization. (2001). International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF).
- World Health Organization. (2011). International Classification of Diseases (ICD).
- World Health Organization. (2016a). WHO | Grades of hearing impairment. *WHO*. Descargado 2017-09-12, de <https://goo.gl/me7pBU>
- World Health Organization. (2016b). *WHO | Visual impairment and blindness*. World Health Organization. Descargado 2017-07-11, de <https://goo.gl/zmwN2x>
- World Wide Web Consortium. (2016). *Mobile Accessibility: How WCAG 2.0 and Other W3C/WAI Guidelines Apply to Mobile*. Descargado 2018-05-15, de <https://goo.gl/X1CfxT>
- World Wide Web Consortium. (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. Descargado 2018-05-15, de <https://goo.gl/q6S2dY>
- Yuan, B., Folmer, E., y Harris, F. C. (2011). Game accessibility: a survey. *Universal Access in the Information Society*, 10(1), 81–100. doi: 10.1007/s10209-010-0189-5
- Zink, A. G., Diniz, M. B., Rodrigues Dos Santos, M. T. B., y Guaré, R. O. (2016). Use of a Picture Exchange Communication System for preventive procedures in individuals with autism spectrum disorder: pilot study. *Special Care in Dentistry*, 36(5), 254–259. doi: 10.1111/SCD.12183
- Özkul, A., Köse, H., Yorganci, R., y Ince, G. (2014). Robostar: An interaction game with humanoid robots for learning sign language. En *IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics* (pp. 522–527). doi: 10.1109/ROBIO.2014.7090384