
Diseño y desarrollo de un prototipo de juego serio para el aprendizaje de vocabulario de alumnos con TEA

Por
Pedro Pablo Doménech Arellano



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

Máster en Ingeniería Informática
FACULTAD DE INFORMÁTICA

Dirigido por
Manuel Freire Morán
Iván Martínez Ortiz

Design and development of a serious game prototype for
learning vocabulary in students with ASD

MADRID, 2020–2021

Diseño y desarrollo de un prototipo de juego serio para el aprendizaje de vocabulario de alumnos con TEA

Design and development of a serious game prototype for learning vocabulary in students with ASD

Memoria que se presenta para el Trabajo de Fin de Máster

Pedro Pablo Doménech Arellano

Dirigido por

**Manuel Freire Morán
Iván Martínez Ortiz**

Convocatoria: SEPTIEMBRE

Calificación: 9.0

**Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid**

Madrid, 2021

Resumen

Los Trastornos del Espectro Autista (TEA) son trastornos del neurodesarrollo que afectan principalmente a la comunicación y a las relaciones sociales, pero también al aprendizaje en colegios e institutos. Entre los obstáculos que se presentan en la etapa escolar de estos niños cabe destacar la dificultad para adquirir vocabulario. Es un problema que a su vez genera otros problemas al no poder realizar una comunicación efectiva.

Por otra parte, los niños que padecen de estos trastornos han demostrado tener una gran afinidad con las nuevas tecnologías al resultarles atractivas e intuitivas. Existen gran cantidad de líneas de investigación que introducen la tecnología en las aulas, también líneas específicas para niños con TEA, entre las que se encuentran los juegos serios (juegos con un propósito distinto al meramente lúdico). Estos han demostrado ser una manera efectiva de ayudar a adquirir conocimientos a los alumnos mientras disfrutan jugando.

Se ha visto que dentro de estas líneas específicas para alumnos con TEA existen algunos prototipos que pueden ser útiles, pero que tienen ciertos errores de diseño, por ejemplo, sobresaturar la pantalla con detalles que distraen al niño, o también que no se encuentran disponibles para todas las plataformas, o son de pago. Es por esto que en este trabajo se propone la creación de un prototipo de juego serio, al que se le ha dado el nombre de “*Crazy Words*”, a fin de ayudar a solucionar el problema de aprendizaje de vocabulario, haciendo que el proceso sea entretenido, intuitivo y eficaz. Este además estará integrado en un entorno que permita a los profesores realizar el seguimiento del alumno y personalizar su experiencia de juego. El entorno completo será gratuito y de código abierto para favorecer futuras investigaciones y desarrollos, y el juego además será multiplataforma para que se encuentre al alcance de cualquiera.

Para el desarrollo de este juego serio es necesaria una fuerte fase de diseño, la cual ha sido guiada principalmente por las nuevas metodologías de enseñanza para niños con TEA, como son TEACCH, PECS y DTT, y por el *framework* de diseño de juegos serios creado por Khowaja, centrado específicamente en el aprendizaje de niños con TEA y todavía más concretamente en el aprendizaje de vocabulario. Con las pautas de este *framework* mezcladas con las metodologías de enseñanza creadas para estos alumnos, se obtiene un resultado con una alta probabilidad de éxito al reducirse en gran medida los errores de diseño, dadas las restricciones que imponen estos trastornos.

Quedan abiertas varias vías con las que continuar este desarrollo, entre las que se encuentran: llevar a cabo una validación por un equipo expertos, ampliar las funcionalidades que incorpora el juego serio, probar el entorno con alumnos reales, e incluso diseñar y desarrollar nuevos juegos serios que se integren en el entorno junto a este para atajar otros problemas del aprendizaje.

Palabras clave: *Juegos Serios, Trastornos del Espectro Autista, e-Learning*

Abstract

The autism spectrum disorders (ASD) are neurodevelopmental disorders that principally affect communication and social relationships as well as learning in schools and high schools. Among the obstacles presented in the school stage of this children it is remarkable the difficulty for obtaining vocabulary. It is a problem that generates at the same time some other problems occasioned by a non-effective communication.

On the other hand, children that suffer these disorders have demonstrated having a high affinity with new technologies as they seem to them attractive and intuitive. There are an amount of lines of research that introduce technology in classrooms, also specific lines of research for children with ASD, including serious games (games with a purpose other than merely playful). They have demonstrated being an effective way to help students acquire Knowledge while they are having fun.

All things considered that in these specific lines for students with ASD exist some prototypes that can be useful, but they present some design mistakes, such as overload the screen with lots of details that distract the child, or they are not available for all platforms, or they are provided upon payment. Due to all of this, in this work it is proposed the creation of a serious game prototype, which is named “*CrazyWords*”, in order to help to solve the vocabulary learning problem making of it an entertaining, intuitive and effective process. Furthermore, it is going to be integrated into an environment that allows teachers to carry out a monitoring of the pupil and personalize the game experience. The complete environment will be free and open source to boost future research and development, and the game will be multi-platform in order to be accessible to anyone.

For the development of this serious game, it is necessary a big design stage, which has been principally guided by the new teaching methodologies for children with ASD, such as TEACCH, PECS and DTT, and by the serious game design framework created by Khowaja, focused specifically on the learnig of children with ASD but even more concretely in the learning of vocabulary. With the guidelines of this framework mixed with the teaching methodologies created for these students, a result with a high success probability is obtained by greatly reducing design errors, given the restrictions imposed by these disorders.

Remain open some investigation lines to continue with this development, among them are found: carry out a validation by an expert team, increase the functionalities that the serious game incorporates, test the environment with real students, and even design and develop new serious games integrated with the environment beside to the one developed to check other learning problems.

Key words: *Serious Games, Autism Spectrum Disorders, e-Learning*

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Plan de trabajo	2
2. Introduction	3
2.1. Motivation	3
2.2. Objectives	3
2.3. Work plan	4
3. Marco teórico	5
3.1. E-Learning	5
3.1.1. Juegos serios	7
3.1.2. Analíticas en juegos serios	8
3.1.3. Aplicaciones existentes	10
3.2. Trastornos del espectro autista	14
3.2.1. Dificultades en el aprendizaje	14
3.2.2. TEA y TICs	15
3.2.3. Métodos de aprendizaje	15
3.2.3.1. ABA	15
3.2.3.2. TEACCH	16
3.2.3.3. DTT	17
3.2.3.4. PECS	18
3.3. Diseño de juegos serios para niños con TEA	19
4. Descripción del trabajo	27
4.1. Propuesta	27
4.2. Diseño	28
4.2.1. Entrada - Comportamientos	28
4.2.2. Entrada - Capacidades	30
4.2.3. Entrada - Contenidos del aprendizaje	31
4.2.4. Entrada - Resultados del aprendizaje previstos	31
4.2.5. Proceso - Método de aprendizaje	31
4.2.6. Proceso - Estrategias	32
4.2.7. Proceso - Modalidades	33
4.2.8. Proceso - Reflexión	34
4.2.9. Proceso - Actividad del aprendizaje	34
4.2.10. Proceso - Género del juego	34
4.2.11. Proceso - Mecánicas del juego	35
4.2.12. Proceso - Dinámicas del juego	35
4.2.13. Proceso - Historia del juego	36
4.2.14. Proceso - <i>Storytelling</i>	36
4.2.15. Proceso - Narrativas	36

4.2.16. Proceso - Personajes	36
4.2.17. Proceso - Atributos del juego	37
4.2.18. Salida - Perfil del usuario	38
4.2.19. Salida - Logros del usuario	39
4.3. Desarrollo del prototipo de herramienta	39
4.3.1. Profesor - Plataforma de gestión	44
4.3.2. Alumno - Plataforma de gestión	44
4.3.3. Alumno - <i>CrazyWords</i>	46
5. Conclusiones y trabajo futuro	51
5.1. Conclusiones	51
5.2. Trabajo futuro	52
6. Conclusions and future work	55
6.1. Conclusions	55
6.2. Future work	56
Bibliografía y enlaces de referencia	59

Índice de figuras

3.1. Capturas de la aplicación <i>ABC Autismo</i>	12
3.2. Capturas de la aplicación <i>Día a Día (Fundación Orange)</i>	12
3.3. Capturas de la aplicación <i>Dictapicto</i>	12
3.4. Flujo de pruebas en la metodología DTT.	18
3.5. Pictogramas de ARASAAC. Verbo leer.	19
3.6. Pictogramas de ARASAAC. Verbo leer, personaje con pelo y sexo.	19
4.1. Tablero de juego	33
4.2. Cabecera durante la partida.	33
4.3. Mensajes emergentes	34
4.4. WordBot	37
4.5. CrazyBot	37
4.6. Arquitectura del sistema con el juego embebido en el cliente web.	39
4.7. Arquitectura del sistema con el juego externo al cliente web.	39
4.8. Acceso a la aplicación.	40
4.9. Arquitectura de capas del API.	40
4.10. Diagramas de clases por capas.	42
4.11. Gestión de clases.	43
4.12. Gestión de conjuntos de palabras.	45
4.13. Estadísticas del alumno o perfil de usuario.	46
4.14. Menús.	47
4.15. Logros.	48

Índice de tablas

3.1. Diferencias entre juego serio y otros tipos de productos que utilizan pensamiento de juego.	9
3.2. Tabla comparativa de estándares <i>e-Learning</i>	9
3.3. Componentes del <i>framework</i> por fase y su propósito (adaptado de [Khowaja, 2017])	22
3.4. Atributos del juego según las teorías del aprendizaje y la psicología (traducido de [Khowaja, 2017])	25
4.1. Tabla comparativa de aplicaciones existentes y <i>CrazyWords</i>	29
4.2. Comportamientos relacionados con el vocabulario (traducido de [Khowaja, 2017]) .	30

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo se exponen los objetivos a conseguir y las motivaciones que han dado origen a este trabajo final de máster, así como el plan de trabajo adoptado para alcanzar dichos objetivos de manera eficaz.

1.1. Motivación

Es conocido que las personas que padecen trastornos del espectro autista (TEA) sufren dificultades en diversos aspectos de su día a día, especialmente en la comunicación y el aprendizaje. En relación con ambos aspectos se encuentra el vocabulario. Los fallos en la comunicación se deben en muchas ocasiones a una falta del mismo, y esta a su vez se ve condicionada por las dificultades de aprenderlo a causa de la mala comunicación. Se genera así un ciclo retroalimentado que es necesario romper (ver sección 3.2.1).

Para este caso de estudio, se ha encontrado un punto por el que poder abordar este problema y ayudar a acabar con este ciclo. Se trata de aliviar el problema de comunicación entre el alumno y el profesor durante el proceso de aprendizaje de vocabulario, sustituyendo parte de ella en este caso por las nuevas tecnologías, las cuales se ha demostrado que resultan muy atractivas e intuitivas para este tipo de alumnos. El docente, en este aspecto del aprendizaje pasa a tener un papel de guía y queda bajo su responsabilidad elegir el vocabulario que sus alumnos deben aprender, y generar otras actividades comunicativas que pongan a prueba el vocabulario adquirido.

Dentro del amplio abanico de posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías se han desarrollado metodologías de aprendizaje que han resultado muy efectivas. Una de ellas es el aprendizaje mediante el uso de juegos serios, juegos cuya finalidad va más allá de la propia diversión, focalizándose en otros aspectos como, por ejemplo, el aprendizaje. Estos juegos serios requieren de una fase de diseño especialmente dedicada a lograr este objetivo abordando temas como los contenidos que se desea inculcar en el alumno, el método de aprendizaje, el *feedback* y los resultados que se desea obtener, entre otros.

1.2. Objetivos

Este proyecto de final de máster busca usar la tecnología para mejorar la adquisición de vocabulario de personas con TEA, un problema muy habitual en este colectivo. Se pretende, por tanto, desarrollar un entorno integrado que ayude a estas personas a lograr aprender el vocabulario que por los métodos habituales no suelen ser capaces conseguir.

Para ello, se han analizado estos trastornos, así como *frameworks* de diseño de juegos serios, tanto genéricos como específicos para personas con TEA. El prototipo final ha sido diseñado siguiendo las pautas marcadas por los autores de estos *frameworks*, a fin de lograr desde un principio la

mayor probabilidad de éxito de este, ya que con estas guías se abarca gran parte de elementos a tener en cuenta para el diseño, además de haber sido probadas obteniendo buenos resultados (ver sección 3.3).

Como parte del entorno, se incluye también la generación de trazas en un formato estandarizado (xAPI), a fin de posteriormente agregarlas y obtener información útil acerca del progreso del aprendizaje del alumno, así como acerca de la efectividad del método y la usabilidad de la aplicación (ver sección 3.1.2).

Como complemento al juego serio, se quiere incorporar una plataforma de gestión que permita a los profesores evaluar el progreso de sus alumnos y la efectividad del método, crear grupos para llevar por separado cada clase que tenga a su cargo, generar conjuntos de palabras y asignárselos a sus alumnos, etc. En esta plataforma de gestión se incorporará también una vista para que los alumnos puedan hacer uso del juego, unirse a clases y ver su progreso.

Por último, a fin de llegar al mayor número de alumnos posible y de mejorar la usabilidad, se generará una aplicación de Android con el juego de forma independiente a la plataforma de gestión.

1.3. Plan de trabajo

Para alcanzar los objetivos marcados, se ha realizado una división ordenada de pasos a seguir o sub-objetivos. Estos son:

1. Realizar un estudio sobre los trastornos del espectro autista.
2. Sintetizar los problemas y dificultades que presentan los niños con TEA.
3. Elaborar un estudio sobre metodologías de aprendizaje utilizadas en alumnos con TEA.
4. Realizar un estudio sobre *e-Learning* y el potencial que tiene, centrando el foco especialmente en los juegos serios.
5. Hacer un estudio sobre *frameworks* de diseño de juegos serios generales y específicos para personas con TEA.
6. Analizar aplicaciones existentes en base al estudio realizado, para procurar seguir las mismas buenas prácticas y mejorar las no tan buenas.
7. Diseñar el prototipo de juego serio siguiendo las pautas marcadas por estos *frameworks*.
8. Implementar el prototipo de juego serio una vez diseñado.
9. Sacar conclusiones a partir del resultado final.

En este caso se ha considerado que para la fase de investigación y diseño se debe invertir todo el tiempo que sea necesario, a fin de conseguir posteriormente desarrollar un prototipo con un alto grado de fiabilidad inicial y de probabilidad de éxito. Esta inversión de tiempo se ve reflejada en la fase de desarrollo e implementación, que podría llegar a ser muy amplia incluyendo infinidad de funcionalidades. Por ello, dada la importancia de la investigación y el diseño, el alcance se ha limitado a un prototipo bastante completo con una serie de propuestas para trabajo futuro (ver sección 6.2).

Capítulo 2

Introduction

In this chapter are explained the objectives to achieve and the relation of motivations that gave rise to this Master's Dissertation, just as the work plan adopted to achieve those objectives on an effective way.

2.1. Motivation

It is known that people who suffer from autism spectrum disorders (ASD), present difficulties in different aspects of their daily life, especially in communication and learning. Regarding to both aspects it is found vocabulary. Communication mistakes are cause most of the time by a lack of it. At the same time, this communication is conditioned by the learning difficulties occasioned by a poor communication. This generates a feedback cycle that needs to be broken (see section 3.2.1).

For this case study, it has been found a point through it can be deal with this problem and help end this cycle. It concerns to reduce student – teacher' communication while they are acquiring new vocabulary, replacing a part of it in this case by new technology which are being demonstrated to result attractive and intuitive for this type of students. The teacher, in this learning aspect, takes on the role of guide and is responsible for choosing the vocabulary to be learned by students, and for generate some other communicative activities that test the acquired vocabulary.

Within this wide variety of possibilities that new technologies offer, there has been developed teaching methodologies that have resulted really effective. One of them is the learning through the use serious games, games which purpose goes beyond fun itself, focusing on some other aspects such as learning. These serious games require a design stage primarily dedicated to reach this objective dealing with topics such as the contents that are desirable to be instill in the student, the learning method, the feedback and the expected results, among others.

2.2. Objectives

This Master's dissertation seeks to use technology to improve the acquisition of vocabulary in children with ASD, a very common problem in this group. It is expected thus, develop an integrated environment that helps this people to learn the vocabulary that by the usual methods cannot achieve.

For that purpose, it has been developed a study about these disorders, as well as serious game design frameworks, both generic and specific for people with ASD. The final prototype has been designed following the steps marked by the authors of these frameworks, in order to achieve from the beginning the greatest success probability of it, considering that with these guides it is covered

a wide range of elements that should be taken into account for the design, besides having been proved getting good results (see section 3.3).

As a part of the environment, it also includes as well the generation of traces in a standardized format (xAPI), in order to later aggregate them and obtain useful information about the learning progress of the student, as well as about the effectiveness of the method and the usability of the application (see section 3.1.2).

As a complement to the serious game, it is wanted to incorporate a management platform that allows teachers to evaluate their student's progress and the effectiveness of the method, create groups for carrying separately each classroom in his care, generate sets of words and assign them to their student, etc. In this management platform is going to be incorporated a view for the students to make use of the game, join into classes and see their progress.

Finally, in order to reach as many students as possible and to improve usability, an Android application with the game will be generated independently from the management platform.

2.3. Work plan

To achieve the objectives marked, it has been made an organized division of the steps or sub-objectives to be followed. These are:

1. Make a study about the autism spectrum disorders.
2. Synthetize problems and difficulties that children with ASD present.
3. Prepare a study about learning methodologies using in children with ASD.
4. Carry out a study about e-learning and the potential having, focusing on specially the serious games.
5. Make a study about serious game design frameworks both general and specific to people with ASD.
6. Analyze existing applications base of the study made, for being able to follow the same good practices and improve the ones not as good.
7. Design the prototype of serious game following the steps marked by these frameworks.
8. Implement the serious game prototype once designed.
9. Draw conclusions from the final result.

In this case, it has been considered that for the research and design stage as much time as necessary should be invested in order to subsequently develop a prototype with a high degree of initial reliability and probability of success. This time investment is reflected in the development and implementation stage, that could became to be really wide including an infinity of functionalities. That is why, considering the importance of the research and design, the scope has been limited to a fairly complete prototype with series of proposals for future work (see section 6.2).

Capítulo 3

Marco teórico

A la sociedad de hoy en día se le da el nombre de sociedad de la información, puesto que esta se encuentra cada vez más accesible y además de manera inmediata gracias a las nuevas tecnologías. Es por ello que cada vez son más los lugares y contextos donde se aplican dichas tecnologías. En este apartado se va a realizar una breve exposición acerca de las nuevas tecnologías y de cómo han influido en las metodologías de enseñanza, haciendo un especial énfasis en las tecnologías especialmente relacionadas con el presente trabajo.

3.1. E-Learning

Al incluir la tecnología en la educación se puede empezar a hablar de “aprendizaje tecnológico”, el cual se puede diferenciar en *e-Learning* (aprendizaje electrónico), *m-Learning* (aprendizaje móvil) y *d-Learning* (aprendizaje digital), siendo todos ellos complementarios. En cuanto al término *e-Learning*, es considerado un complemento educativo para la enseñanza tradicional, que se ve influenciado por las nuevas metodologías de enseñanza y aprendizaje. Por otro lado, *m-Learning* consiste en adaptar los recursos tradicionales para que se encuentren al alcance del alumno haciendo uso de sus dispositivos móviles. Y por último, *d-Learning* va más allá tratando de promover que las organizaciones y equipos ayuden al alumnado a establecer la conexión desde cualquier lugar para poder hacer uso de estos recursos en cualquier momento de forma asíncrona, facilitando de esta manera un aprendizaje continuo al no depender de la presencia del profesor en el momento del aprendizaje [Kumar Basak et al., 2018]. Por simplicidad a la hora de hablar del tema, ya que no es el objetivo hacer una distinción de grano fino y puesto que es algo habitual, en lo siguiente se utilizará el término de *e-Learning* para englobar todo lo referente al aprendizaje tecnológico.

El sistema educativo español establece en el artículo 2 de la Orden ECD/65/2015 del 21 de enero publicada en el Boletín Oficial del Estado (BOE), la consecución de la “Competencia Digital”, entre otras, [Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2015], es ese uno de los motivos fundamentales para promover la inclusión de *e-Learning* en la educación dentro de las escuelas. Para el trabajo con este tipo de estrategias de enseñanza y aprendizaje es necesario comprender cuáles son sus objetivos. Mientras que las *estrategias de enseñanza* consisten en generar un aprendizaje significativo, es decir actividades con una meta, las *estrategias de aprendizaje* se basan en el proceso, buscando completar siempre la meta marcada, pero atendiendo a las necesidades del alumnado y adaptándose a estas. Llegar a ese objetivo gracias a las nuevas tecnologías facilita que incluso alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo (ACNEAE) y alumnos con necesidades educativas especiales (ACNEE) sean capaces de completar en las mismas condiciones su aprendizaje desarrollando sus distintas habilidades y fomentando la diversidad de capacidades [Parra Pineda, 2003].

Antes de llevar a cabo la creación de una actividad en *e-Learning* es necesario buscar un objetivo de aprendizaje, así como ser conscientes de los recursos disponibles y la capacidad de cada alumno,

la cual se busca ampliar con la puesta en práctica de las actividades propuestas, aumentando así sus conocimientos y habilidades. Las estrategias de aprendizaje buscan el logro de esa meta teniendo siempre en cuenta las particularidades de cada alumno.

Con el paso del tiempo y tras numerosos estudios y experiencias, han ido surgiendo nuevas metodologías de enseñanza y aprendizaje que han complementado los modelos tradicionales de enseñanza y que se pueden adaptar en función de cada tipo de aula y contexto educativo al alumnado en cuestión. A continuación, se exponen algunas de estas metodologías, las cuales pueden complementarse entre sí para enriquecer de esta forma el método:

- **Aprendizaje Basado en el Pensamiento**

El Aprendizaje Basado en el Pensamiento (Thinking Based Learning), persigue que el centro del aprendizaje sea el alumno y busca conseguir que se vaya más allá de la simple memorización, haciendo que el alumno profundice y sepa relacionar la materia de estudio con otros contenidos y experiencias en su día a día [Swartz et al., 2014].

- **Aula Invertida**

El Aula Invertida (Flipped Classroom) se conoce por invertir los roles entre alumno y profesor, ya que es el alumno quien se prepara los contenidos en casa a través de la visualización de vídeos, tutoriales, actividades interactivas y demás recursos que previamente haya preparado el profesor, para que así cuando el alumno llegue al aula pueda exponer el tema y plantear sus dudas al maestro y trabajar con él los puntos donde pueda presentar mayores dificultades. De esta manera la atención personalizada es mucho mayor y aumenta el interés del alumno por aprender [Aguilera-Ruiz et al., 2017].

- **Aprendizaje Basado en Proyectos y Aprendizaje Basado en Problemas**

El Aprendizaje Basado en Proyectos, consiste en crear proyectos que aborden unos contenidos en concreto y trabajen a su vez aspectos que se puedan encontrar en la vida cotidiana del alumno. Además, a cada alumno se le asignan unas tareas en concreto para que entre todos completen el proyecto [Muñoz-Repiso and Gómez-Pablos, 2017]. Es similar al Aprendizaje Basado en Problemas, salvo que en este se suelen plantear unos problemas reales o similares a los que se pueden encontrar en su día a día y después tienen que darles una solución [Morales Bueno and Landa Fitzgerald, 2004].

- **Aprendizaje Cooperativo**

El Aprendizaje Cooperativo, como su propio nombre indica, consiste en que los alumnos a través del trabajo en equipo sean capaces de lograr un aprendizaje común utilizando distintos recursos. Esto fomenta la inclusión de alumnos con necesidades educativas especiales [Azorín Abellán, 2018].

- **Gamificación**

La *Gamificación* consiste en adaptar las dinámicas de los juegos a la vida cotidiana, con el objetivo de motivar a los alumnos durante el proceso de aprendizaje de los contenidos y objetivos marcados. Es por ello muy importante que en la *Gamificación*, el docente establezca los conocimientos que quiere que adquieran sus alumnos antes de crear las actividades. Para ello son muy útiles las nuevas tecnologías ya que agilizan la creación de contenidos por parte de los docentes y pudiendo dedicar más tiempo a la personalización de estos [Ortiz-Colón et al., 2018].

Todas estas metodologías fomentan una clara participación del alumnado en el aula, pues pasa a ser el centro del proceso educativo y el profesor queda destinado a ser su guía. Por este motivo se propone el uso de estas nuevas metodologías ligado con las nuevas tecnologías buscando así fomentar en los alumnos un aprendizaje mucho más autónomo y entretenido guiado por el tutor.

Entre las nuevas tecnologías destaca el uso de las aplicaciones móviles y aplicaciones web, algunas de las más conocidas para el trabajo con niños son:

- **Kahoot**¹ diseñada para trabajar a través de cuestionarios elaborados por los propios docentes acerca de contenidos estudiados en el aula. Utiliza un sistema competitivo estableciendo un ranking al finalizar cada juego, donde la puntuación se obtiene contestando correctamente y siendo el más rápido.
- **ClassDojo**², está pensada para establecer una evaluación del alumnado en comunicación con las familias, de las actividades realizadas en clase.
- **GoNoodle**³ contiene una serie de videos educativos que permite a los alumnos la posibilidad de aprender autónomamente.
- **Duolingo**⁴ para aprender de forma divertida distintos idiomas.
- **Mathland**⁵ donde conocer todo tipo de operaciones matemáticas hasta el nivel de Educación Primaria.

Todas estas nuevas metodologías y tecnologías pueden resultar muy eficaces, pero requieren formar al profesorado para que sean capaces de dominarlas y utilizarlas sin invertir mucho más tiempo de la cuenta. Existen numerosos recursos e-learning para formar a formadores en el uso de este tipo de herramientas. Un ejemplo de ellos son los MOOCs (Massive Open Online Courses), que son cursos online masivos y abiertos, lo que quiere decir que están diseñados para instruir a grandes cantidades de personas a la vez y de forma gratuita [Wong et al., 2019]. Actualmente también se utilizan con los niños, ya que forman parte de una nueva forma de aprendizaje en línea, sin embargo, en los cursos inferiores es más difícil de emplear este aprendizaje por la carencia de atención individualizada que se le daría al alumnado en esa situación.

3.1.1. Juegos serios

Es indudable que desde el origen de los videojuegos han aumentado enormemente y a gran velocidad el número de jugadores como muestran los datos de ISFE⁶ (Interactive Software Federation of Europe). Prueba de ello es también el crecimiento de la industria de los videojuegos desde sus orígenes [Siwek, 2007, Pashkov, 2021].

La sociedad ha cambiado considerablemente y con ella la educación, por este motivo, la educación se ha visto también afectada por los videojuegos. El concepto de juego serio, tan utilizado en educación actualmente, genera controversia, ya que entender un juego como algo serio puede parecer contradictorio. Sin embargo, como sostuvieron distintos autores promotores de los juegos serios, esta forma de trabajar con el alumnado lleva el juego más allá de un mero entretenimiento, es decir, busca que los alumnos sean capaces con esta herramienta tecnológica y didáctica de desarrollar las competencias establecidas, y fomentar el aprendizaje de las distintas áreas a la vez que disfrutan de la experiencia [Navarro, 2017].

El enfoque, por lo tanto, que toman estos juegos, va más allá de la diversión y tienen una intención fundamentalmente educativa, las principales características son según [Navarro, 2017]:

- Teorías del aprendizaje presentes en el software educativo.
- Motivar el aprendizaje del alumno.
- Establecer reglas.
- Objetivos no lúdicos, al contrario que un videojuego.
- Combinar los juegos serios con objetivos pedagógicos.

En definitiva, los juegos serios buscan favorecer el aprendizaje del alumno, facilitando la enseñanza centrada en él. El desarrollo de la Competencia Digital en el alumnado, genera que este adquiera

¹<https://kahoot.it/>

²<https://www.classdojo.com/es-es/>

³<https://www.gonoodle.com/>

⁴<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.duolingo>

⁵<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.EducaGames.MathLand>

⁶<https://www.isfe.eu/>

autonomía en su aprendizaje, promovido por las nuevas tecnologías. A su vez, los juegos serios hacen que los niños que están utilizándolos en su proceso de aprendizaje vean una retroalimentación inmediata, fomentando así que investiguen las aplicaciones o juegos [Delgado, 2019].

Para que el empleo de estos juegos en el aula sea beneficioso, los docentes han de participar activamente en la integración de las nuevas tecnologías en el aula. Una vez que las conocen, se implementan acorde a las necesidades de cada alumno. Esta forma de actuar con los juegos serios es factible y productiva, ya que tras varios estudios, se ha visto que da buenos resultados [Delgado, 2019].

Es más, la formación docente y la creación de nuevas aplicaciones crece exponencialmente en los últimos años motivando el uso de las TIC a nivel educativo con un propósito que va más allá de innovar, buscando resultados de aprendizaje y desarrollo de habilidades y destrezas en el alumnado.

Los juegos serios tienen relación con otras metodologías como la *Gamificación*, pero no son exactamente iguales. En la tabla 3.1, se presenta un resumen de las principales características mostrándose así las diferencias entre ellas.

En primer lugar, el diseño de actividades que incluye elementos típicos de un juego llevados a otro contexto, tiene como característica el pensamiento de juego. La *Gamificación*, en cambio, incluye elementos del juego como reglas y objetivos sin llegar a ser un juego. Por otro lado, los juegos serios, como su nombre indica ya son propiamente juegos puesto que incluyen los elementos de jugabilidad, pero tienen una finalidad distinta a la lúdica, por ejemplo, la enseñanza. Por último, están los juegos como tal, cuya finalidad es la diversión.

3.1.2. Analíticas en juegos serios

Las analíticas de aprendizaje son la disciplina que busca mejorar los procesos educativos mediante el análisis de los datos recolectados de una o varias herramientas de aprendizaje, intentando descubrir patrones de conocimiento. El objetivo principal es por tanto permitir al educador entender mejor cómo está siendo el progreso de sus alumnos que hacen uso de una herramienta de *e-learning*, para luego poder actuar en consecuencia y aumentar la posibilidad de que estos obtengan buenos resultados de aprendizaje. Tradicionalmente, estos datos se recolectaban mediante cuestionarios que los alumnos debían responder antes y después de utilizar la herramienta, pero afortunadamente se ha automatizado mediante el registro de trazas de uso de la aplicación, pues estas herramientas son en sí mismas fuentes de datos [Serrano Laguna, 2018].

Para que esta recolección de datos sea efectiva y útil, es necesario incluir en la fase de diseño, antes de comenzar el desarrollo, un apartado para definir el modelo de analíticas que se desea obtener, pues las trazas por sí solas no significan nada. Es importante responder siempre a las preguntas “¿qué se analiza?”, “¿para quién es útil?”, “¿por qué es útil?” y “¿cómo se va a analizar y agregar?” [Perez-Colado et al., 2018].

Desde el punto de vista del propio juego, la primera pregunta suele responderse con datos del tipo: victorias, derrotas, armas utilizadas, interacción con el teclado o el ratón, misiones cumplidas, tiempo de juego, sesiones iniciadas, puntuación obtenida, interacción con NPC (personajes que no son jugadores), progreso en la historia, uso de objetos, vida perdida, etc. Dentro del entorno de un juego serio cuya finalidad es el aprendizaje, habría que priorizar la recogida de los datos que en cada caso se consideren relevantes respondiendo a las preguntas del “¿por qué?” y “¿para quién?”. No se deben de perder de vista nunca los objetivos del aprendizaje, pues son los que darán sentido a estos datos.

Estos datos se pueden recoger sin afectar a la experiencia de juego del usuario, dicho de otra forma, de manera no invasiva o sigilosa, ya que es común también embeber dentro de la historia del juego cuestionarios cuya finalidad es obtener este tipo de datos, lo que en ocasiones puede hacer que el usuario se sienta examinado y le provoque una peor experiencia de juego [Augustin et al., 2010].

	Pensamiento de juego	Elementos de juego	Jugabilidad	Solo por diversión
Diseño inspirado en videojuegos	X			
<i>Gamificación</i>	X	X		
Juegos serios	X	X	X	
Juegos	X	X	X	X

Tabla 3.1: Diferencias entre juego serio y otros tipos de productos que utilizan pensamiento de juego.

[Kühn, 2019] Traducido de

<https://gamification-e-learning.com/2014/04/29/gamification-4-que-es-el-game-thinking/>

	AICC	SCORM 1.2	SCORM 2004	xAPI	cmi5
Secuencias de cursos	No	No	Sí	Sí	Sí
Finalización, tiempo dedicado, seguimiento de éxito/fracaso	No	No	Sí	Sí	Sí
Seguimiento avanzado (juegos, simulaciones, aprendizaje informal, aprendizaje sin conexión, etc.)	No	No	No	Sí	Sí
Puntuaciones simples	No	No	Sí	Sí	Sí
Puntuaciones múltiples	No	No	No	Sí	Sí
No se requiere navegador web	No	No	No	Sí	Sí
Compatibilidad con dispositivos móviles	No	No	No	Sí	Sí

Tabla 3.2: Tabla comparativa de estándares *e-Learning*

Traducido de <https://www.ispringsolutions.com/blog/elearning-standards/>

La cuarta pregunta, “¿cómo se va a analizar?”, puede llegar a ser complicada de responder, pues la agregación de estos datos requiere de un sistema propio que lo haga. Para salvar este obstáculo existen sistemas de procesamiento de trazas, por ejemplo, *T-mon*⁷. Para poder hacer uso de ellos, es necesario seguir un estándar en el formato de las trazas puesto que no sería viable que estos sistemas estuvieran preparados para recibir millones y millones de formatos distintos. Es aquí donde entra en juego el formato *xAPI*, el cual está muy extendido en el desarrollo de juegos serios en la educación.

El nombre de *xAPI* viene de “Experience API” ya que se basa en recoger las diferentes experiencias que tiene el usuario durante su proceso de aprendizaje. Se trata de una especificación definida por una comunidad abierta y promovido por *Advance Distributed Learning Initiative* (ADL). Esta especificación ha venido a solventar parte de los problemas identificados en la especificación SCORM (Shareable Content Object Reference Model) habitualmente utilizada para crear objetos de aprendizaje y que tenía un modelo de datos y un mecanismo de recopilación de información muy limitado. En la tabla 3.2 se puede ver una comparativa de las especificaciones más usadas, comprobándose que la que más ventajas presenta es la especificación de *xAPI* junto con *cmi5*. No es casualidad que ambas coincidan pues en definitiva, *cmi5* extiende *xAPI* añadiéndole una serie de reglas y restricciones que formalizan su uso.

⁷<https://github.com/e-ucm/t-mon>

Con *xAPI* se pretende recoger trazas sacadas de las experiencias de un usuario o un grupo de usuarios, siguiendo un formato coherente que permita que estas sean autocontenidas y utilizables en muchas tecnologías. Estas trazas siguen una estructura básica centrada en tres elementos principales *quién* ha llevado a cabo la acción, *qué* y *sobre qué* se ha llevado a cabo la acción. Además, es posible (y normalmente recomendable) incluir información adicional, como por ejemplo el contexto en que se encuentra [Serrano-Laguna et al., 2017]. Para poder cumplir con el requisito de ser autocontenidas, puede ser necesario enviar cierta información que no responda a esas tres preguntas, por ello, *xAPI* cuenta también con unos campos de libre formato, como por ejemplo, el campo *extensions* dentro de *result*. A continuación, se puede ver un ejemplo simple de traza en formato *xAPI*:

```

1 {
2   "actor": {
3     "name": "C3709B8D-F984-421B-961B-08D93C0CA798",
4     "account": {
5       "name": "C3709B8D-F984-421B-961B-08D93C0CA798",
6       "homePage": "https://crazy-words.e-ucm.es/"
7     }
8   },
9   "verb": {
10    "id": "http://adlnet.gov/expapi/verbs/interacted"
11  },
12  "object": {
13    "id": "https://crazy-words.e-ucm.es/xapi/character/R",
14    "definition": {
15      "type": "https://crazy-words.e-ucm.es/xapi/seriousgames/
16      interaction/move"
17    }
18  },
19  "result": {
20    "success": false,
21    "extensions": {
22      "https://crazy-words.e-ucm.es/xapi/game/invalid-movement-
23      reason": "Destination is not an empty card"
24    },
25    "duration": "P5S"
26  },
27  "timestamp": "2021-07-04T00:21:55.7480752+02:00"
28 }

```

Este fragmento viene a ser un ejemplo de traza *xAPI*, el cual informa de que el usuario con identificador “C3709B8D-F984-421B-961B-08D93C0CA798” ha interactuado con el objeto “letra R” sin éxito en un movimiento de 5 segundos de duración. Como se puede ver es un formato relativamente sencillo de seguir y que además es extensible y personalizable, por ejemplo, con el campo “*extensions*” dentro del apartado “*result*”, en el que se puede registrar cualquier información o dato relevante, que este caso indican que la acción no ha tenido éxito porque el “el destino no es una carta vacía”.

3.1.3. Aplicaciones existentes

Se ha realizado un breve estudio de mercado intentando recoger las aplicaciones más utilizadas por personas con TEA. Se han seleccionado solo aquellas que pueden resultar de interés para este caso de estudio, incluyendo juegos, organizadores de tareas, traductor de pictogramas, etc.

El método de búsqueda y selección de estas aplicaciones ha sido a través de consultas en Google

y Google Play Store con los términos “aplicaciones para personas con TEA” y “aplicaciones tea”. Además, se ha contado con la opinión de una familia con un hijo de 8 años con TEA.

ABC Autismo⁸

Esta aplicación es un juego serio pensado para dispositivos Android. Está diseñado siguiendo la metodología TEACCH, y la propia aplicación lo explica en una sección de información indicando cómo está presente la metodología en los diferentes niveles que existen en la aplicación.

Cuenta con cuatro niveles de dificultad, los cuales a su vez se componen de diez tareas distintas predefinidas, siempre las mismas y en el mismo orden. Estas tareas consisten en colocar los objetos, fragmentos o letras en su posición correcta, atendiendo a criterios como forma, tamaño o color, salvo en los últimos niveles que la tarea consiste principalmente en arrastrar letras para formar la palabra que representa el objeto mostrado.

Aunque la mecánica es sencilla, y la metodología elegida es adecuada para alumnos con TEA, a la aplicación le falta un sistema de ayudas que guíe al alumno en la tarea, al menos cuando este se haya equivocado muchas veces y se haya bloqueado. También carece de tiempo, lo cual puede alargar la tarea de forma indefinida entorpeciendo el aprendizaje. Al final de cada tarea, se muestra la puntuación obtenida que siempre es 3 estrellas, lo cual puede resultar un refuerzo positivo exagerado.

En la figura 3.1 pueden observarse una serie de capturas de pantalla tomadas de la aplicación. Se comprueba que la interfaz visual es sencilla y sin mucho detalle que pueda distraer al niño, y también se puede ver que las imágenes de los objetos utilizadas no se corresponden con pictogramas de ARASAAC, lo cual limita el alcance de la aplicación a los recursos del creador para generar dichas imágenes, y además no asegura del todo que el niño vaya a comprender el significado de estas.

Día a día (Fundacion orange)⁹

Una de las necesidades que tienen las personas con TEA es la de disponer de un sistema organizacional. Con esta aplicación pueden apuntarse las tareas de cualquier día haciendo uso de fotografías, audios y vídeos, para detallar la acción, el lugar, momento del día y demás detalles de la tarea como pues observarse en la figura 3.2. A pesar de contar con la posibilidad de incluir esos recursos, esta aplicación no cuenta con una biblioteca de pictogramas, ni los de ARASAAC ni propios.

De esta forma puede conseguirse que el niño con TEA se anticipe a las situaciones reduciendo así la ansiedad que la incertidumbre provoca. También, los propios niños pueden complementar las tareas con fotografías tomadas en el momento de realizarla para poder después tener un apoyo que facilite la comunicación al contar qué han hecho a sus padres, amigos, terapeutas, etc.

Dictapicto¹⁰

Esta aplicación es un traductor de castellano a pictogramas de ARASAAC. Es muy útil sobre todo para aquellos que necesitan comunicarse con un niño con TEA y por diversas circunstancias no son capaces. Con esta aplicación no es necesario tener un amplio conocimiento sobre los pictogramas y donde encontrarlos, tan solo es necesario elaborar una frase simple.

Cuenta con traducción de texto a pictograma y también de voz a pictograma, y si la traducción no resulta del agrado, al estar integrado con ARASAAC cuenta con la opción de sustituir el pictograma que no encaje por otro que sea más adecuado. Si por alguna razón ninguno de los pictogramas se adecúa a la situación, también ofrece la posibilidad de sustituirlo por una fotografía tomada en ese instante o que esté guardada en la galería.

Otra función interesante es la posibilidad de guardar frases y etiquetarlas de manera que no haya que volver a formarlas cada vez que se quiera utilizar. Es muy cómoda, por ejemplo, para

⁸<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dokye.abcautismo&hl=es>

⁹<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.orange.diaadia&hl=es>

¹⁰<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.orange.dictapicto&hl=es>



Figura 3.1: Capturas de la aplicación *ABC Autismo*

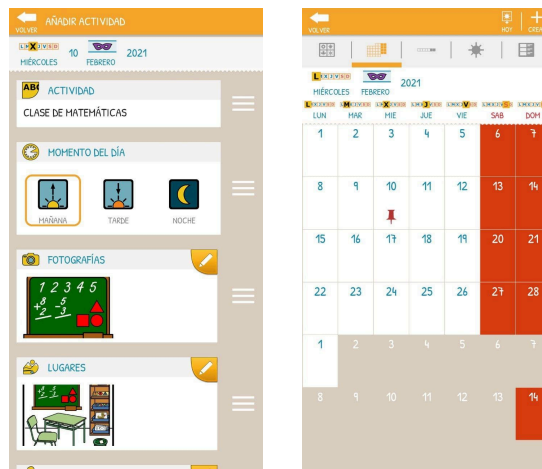


Figura 3.2: Capturas de la aplicación *Día a Día (Fundación Orange)*

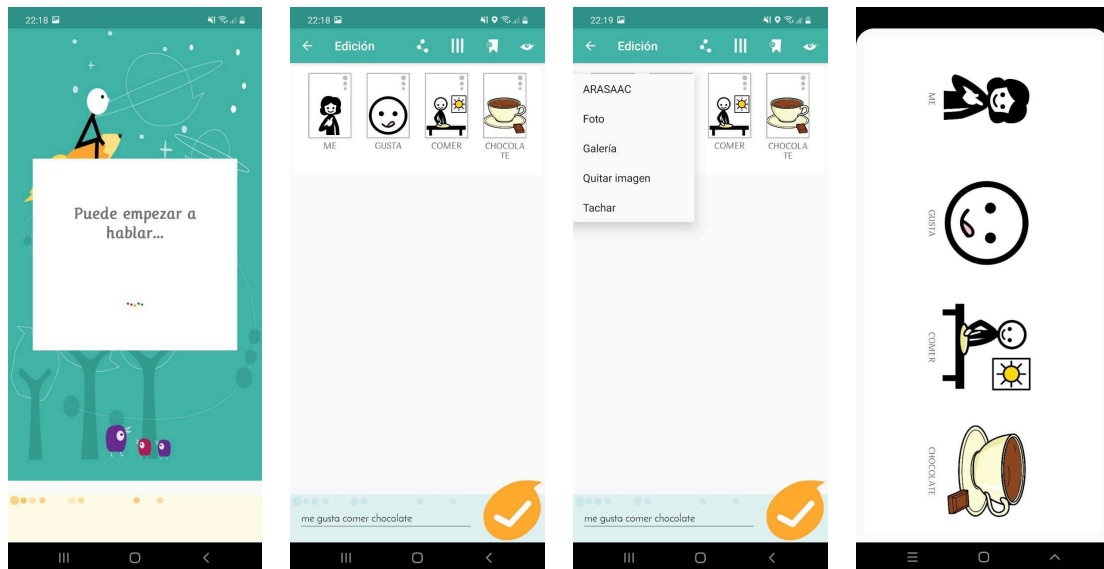


Figura 3.3: Capturas de la aplicación *Dictapicto*

guardar frases que se refieran a rutinas del día a día. En la figura 3.3 se pueden encontrar algunas capturas de pantalla de esta aplicación.

José Aprende (Fundación Orange)¹¹

La aplicación consta de una serie de cuentos cortos con frases breves en cada escena. En algunas partes de los cuentos el niño puede pulsar alguno de los elementos para activar animaciones y disfrutar de una experiencia algo más dinámica.

La interacción es prácticamente nula ya que la intención de estos cuentos es mostrar al niño rutinas del día a día como, por ejemplo, vestirse y lavarse, o también las diferentes emociones. Además de las frases breves, se puede activar la narración para que suene la grabación programada para cada escena. Esta funcionalidad hace que no sea necesaria la intervención de otra persona para contar la historia, permitiendo al niño escuchar las narraciones tantas veces como quiera de forma autónoma.

PictoTEA¹²

Siendo la comunicación uno de los problemas más grandes de las personas con TEA, existen aplicaciones como PictoTEA cuya finalidad es ayudar a que esta se produzca con mayor fluidez y efectividad. Para ello, integra los pictogramas de ARASAAC y permite incluir pictogramas de desarrollo propio y fotografías.

Agrupar los pictogramas y guía al usuario para formar frases lógicas con ellos. Una vez formada la frase, además de poder verla en grande puede reproducirse paso a paso el nombre asociado a cada pictograma para así favorecer la comprensión.

AbaPlanet¹³

AbaPlanet es un juego pensado para dispositivos con sistema operativo iOS, por lo que de entrada el número de usuarios que pueden acceder a este recurso es más limitado. Además, la versión gratuita del juego contiene solo una cantidad mínima de niveles y funcionalidades, limitándose aún más la cantidad de alumnos que pueden beneficiarse de ella.

La finalidad del juego es que el alumno aprenda vocabulario haciendo uso de imágenes, en lugar de pictogramas, y su palabra correspondiente. Existen dos modos de juego. El emparejamiento, que consiste en seleccionar la imagen igual a la del objetivo marcado, el cual muestra la palabra correspondiente. El otro modo de juego es el lenguaje receptivo, que consiste en seleccionar de entre todas las imágenes aquella que signifique lo que marca la palabra objetivo.

Como se ha mencionado, existen pocas palabras en la aplicación gratuita y realmente debería ser utilizada solamente para ver el funcionamiento antes de pasar a la versión de pago, que además desbloquea una serie de funcionalidades como, por ejemplo, las sesiones generadas de manera inteligente adaptándose al nivel del niño.

Sígueme (Fundación Orange)¹⁴

Se trata de una aplicación multiplataforma aún en desarrollo. Está disponible para iOS, Android, Windows y Linux, y además es gratuita, lo que la convierte en una aplicación accesible a cualquiera que disponga de un ordenador, tablet o smartphone.

Utiliza tanto imágenes propias como los pictogramas de ARASAAC e incluye gran cantidad de recursos como ejercicios de atención, vídeos interactivos para aprender palabras dentro de un contexto (por ejemplo, las partes de un baño), juegos para ordenar y agrupar por categorías, ejercicios para relacionar pictogramas con objetos reales, etc.

¹¹https://play.google.com/store/apps/details?id=com.orange.joseaprende&hl=es_419

¹²<https://play.google.com/store/apps/details?id=ar.com.velociteam.pictoTEA>

¹³<https://apps.apple.com/es/app/abaplanet-lite/id571888963> y <https://apps.apple.com/es/app/abaplanet/id989142096>

¹⁴<http://www.proyectosigueme.com/>

Como se ha comentado, esta aplicación se encuentra todavía en desarrollo por lo que muchas de las interacciones del usuario son simuladas y por tanto no son realmente útiles para un niño con TEA. De todas formas, presenta un gran potencial.

3.2. Trastornos del espectro autista

Los trastornos del espectro autista (TEA) son trastornos del neurodesarrollo que afectan principalmente a la comunicación y a las relaciones sociales [Nicolás, 2004]. Los síntomas se presentan antes de los 5 años y estos incluyen también una serie de restricciones de intereses y patrones de conducta lo que unido con los problemas de comunicación hace difícil el día a día de las personas con TEA. [Asociación Americana de Psiquiatría, 2014, Hollander et al., 2018]

Aunque los síntomas son comunes entre los diversos pacientes, estos pueden presentarse con mayor o menor intensidad en cada uno. Como dijo Ortega y Gasset “yo soy yo y mis circunstancias”, o en otras palabras, “cada persona es un mundo”. Son muchas las circunstancias que pueden afectar a que cada persona con TEA sea totalmente diferente, por ejemplo: la edad en que se presenta, si se ha desarrollado previamente el lenguaje, la calidad de los apoyos y terapias disponibles, si existe a la vez algún tipo de discapacidad intelectual, etc.

En cuanto al origen del término “autismo” se puede decir que el primero en utilizarlo fue Eugene Bleuler, un psiquiatra suizo, en un ensayo publicado en 1912 donde daba nombre a diferentes trastornos como, por ejemplo, la esquizofrenia y el autismo entre otros [Kuhn and Cahn, 2004]. Más adelante, en 1938 el médico austriaco Hans Asperger empezó a hacer uso de este término publicando diversos artículos, un de ellos publicado en 1944 daba solidez a la definición del término, pero al estar escrito en alemán acabó quedando en el olvido. Utha Frith, psicóloga estadounidense, encuentra este artículo y lo traduce al inglés en 1981 haciendo un grato favor a la comunidad científica, pues ese mismo año una psiquiatra británica llamada Lorna Wing pudo leerlo y publicar un artículo acuñando los términos “síndrome de Asperger” (en honor a Hans Asperger) y “espectro autista” dando a entender la diversidad de condiciones que abarca el autismo [Wing, 1981]. A lo largo de estos últimos años el término *Trastornos del Espectro Autista* se ha expandido de manera que la gran mayoría ha oído hablar de ello.

3.2.1. Dificultades en el aprendizaje

Existen gran cantidad de estudios que hablan sobre diferentes aspectos en los que este colectivo muestra dificultades, la gran mayoría de ellos se centran en el problema comunicativo a diferentes niveles, aunque también los hay del resto de problemas como, por ejemplo, el de identificar las emociones [Boonen et al., 2014, Levin et al., 2015, Löytömäki et al., 2020].

En particular, hay estudios que hablan de las dificultades que presentan los alumnos de educación infantil, primaria y secundaria comentando los problemas de aprendizaje que encuentran, en especial en las asignaturas de matemáticas y lengua. En lo referente a la asignatura de lengua, se ha comprobado que las personas con TEA alcanzan un nivel de producción de palabras, organización de ideas en el texto y calidad de redacción bastante por debajo que el de los alumnos llamados neurotípicos, aquellos alumnos que no padecen ninguna alteración en su desarrollo neurológico. Además, a nivel micro estructural, estos alumnos tienen gran cantidad de errores gramaticales y poca variedad sintáctica, lo que influye en resultados de menor calidad como se ha mencionado [Zajic et al., 2020, Hilvert et al., 2020].

También hay estudios que indican que presentan dificultades en la adquisición de vocabulario, más del 65 % de personas con TEA [Randi et al., 2010]. El vocabulario se considera una raíz fundamental para poder establecer una buena comunicación en cualquier lenguaje, independientemente del canal de comunicación, es decir, es necesaria una buena base de vocabulario tanto para mantener conversaciones orales, como para redactar, leer y entender un texto. [Chiang and Lin, 2007, Khowaja and Salim, 2013]. Las personas neurotípicas necesitan comprender aproximadamente el 95 % de las palabras que están leyendo para asegurar una buena comprensión de lo que el texto expresa, es decir, casi la totalidad de las palabras. Cabe espe-

rar que en el caso de las personas con TEA en muchos casos sea un porcentaje incluso mayor [Khowaja and Salim, 2020]. Es por ello, que es necesario invertir en técnicas que permitan mejorar la adquisición de vocabulario, con las que el alumno se sienta cómodo y así pueda aprender de una manera rápida y eficaz las palabras que correspondan en su etapa de aprendizaje. Lograr que el alumno adquiera dicho vocabulario se traducirá no solo en mejores calificaciones en la escuela, sino en algo mucho más importante como es la comunicación en el día a día con familiares, amigos, profesores y terapeutas. En las terapias una buena comunicación puede significar alcanzar antes los objetivos marcados por el terapeuta, ya que el mayor de los obstáculos suele ser la dificultad de comunicarse con el niño con TEA.

3.2.2. TEA y TICs

Como ya se ha mencionado, ya no se habla de autismo sino de TEA, lo que incluye la palabra “espectro” a la definición. Esto es así porque existe gran variedad de casos completamente distintos pero guiados por una serie de patrones comunes. A pesar de que cada caso es distinto, son varios los estudios y experiencias que afirman que uno de estos elementos comunes es que las personas con TEA tienen una especial afinidad con las nuevas tecnologías, o tecnologías de la información y la comunicación (TIC) [Constantin et al., 2017, Ploog et al., 2012].

Actualmente, existen infinidad de proyectos que implementan diferentes herramientas informáticas que pueden ser utilizadas para el desarrollo del aprendizaje, como ya hemos visto anteriormente en el apartado 3.1. Si unimos esta afinidad con las TIC a la tendencia actual de educar mediante videojuegos, obtenemos la combinación perfecta para intentar aliviar las dificultades en el aprendizaje que presentan los alumnos con TEA. Dado que uno de los mayores problemas es la comunicación, explicar un tema a través de una pantalla táctil hace que el alumno interactúe de una manera mucho más intuitiva, pudiendo así adquirir con mayor facilidad los conocimientos deseados [Zakari et al., 2014, Avilés Gómez and Moya García, 2019].

Las principales ventajas de utilizar las TIC para la enseñanza de personas con TEA se pueden resumir según [Ramdoss et al., 2011] en:

- A través de la pantalla se pueden ofrecer muchos más recursos visuales, lo cual agiliza la comprensión.
- El número de interacciones sociales se reduce significativamente, siendo un fuerte beneficio ya que estas son uno de los grandes problemas. Hay que tener cuidado y no sustituir toda la interacción social ya que esto sería perjudicial para el alumno.
- Las personas con TEA tienen una gran afinidad con las TIC lo que facilita que se sientan atraídos por lo que están aprendiendo y les cueste menos esfuerzo.
- Los conceptos que se desea inculcar en el alumno pueden presentarse mediante interacciones intuitivas, acelerando así el proceso de adquisición de conocimientos.
- Se puede personalizar el grado de complejidad en función del alumno, permitiendo adaptarse a cada persona concreta y sus necesidades específicas, una gran ventaja teniendo en cuenta la diversidad de circunstancias que envuelven a los niños con TEA.

3.2.3. Métodos de aprendizaje

Al igual que existen nuevas tecnologías para la enseñanza típica, a lo largo del tiempo se han ido desarrollando y perfeccionando metodologías específicas para alumnos con TEA. En este apartado se realiza una síntesis de aquellas más utilizadas y necesarias para posteriormente utilizarlas para abordar la fase de diseño.

3.2.3.1. ABA

Las siglas ABA hacen referencia al término inglés “*Applied Behavior Analysis*”, que traducido al español significa “*Análisis Aplicado del Comportamiento*”. Consiste básicamente en evaluar el comportamiento social del alumno y derivar de este tácticas para mejorarlo. Se define a sí misma

como una ciencia más que como un tratamiento, por este motivo, lo que se debe esperar al utilizar ABA son una serie de pautas que seguir para crear una metodología adecuada para el alumno [Cuvo, 2011].

Esta metodología esta pensada para personas de diferentes edades, con afecciones neurológicas de diferente grado, e incluso para personas clínicamente normales. Uno de sus componentes más comunes es el refuerzo diferencial, que consiste en reforzar la respuesta deseada e intentar corregir la respuesta no deseada cuando se presente en lugar de esperar y exigir la respuesta deseada. Otro aspecto importante que propone la metodología es utilizar las preferencias de la persona en favor del objetivo buscado, ya que resultarán más atractivas y aumentarán las probabilidades de éxito.

Suele ser muy común y recomendable desgranar las tareas en varias subtareas de manera que la persona se aproxime al comportamiento objetivo de manera progresiva con una sensación de esfuerzo menor. También, se puede adaptar el entorno físico para limitar acciones y movimientos, evitar distracciones, promover la comunicación cara a cara, etc.

De ABA se derivan diferentes técnicas y metodologías como, por ejemplo, TEACCH y DTT que se detallarán a continuación.

3.2.3.2. TEACCH

TEACCH es un acrónimo inglés que viene de *Treatment and Education of Autistic and related Communication-handicapped CHildren*, cuya traducción al castellano es *Forma de tratar y educar a niños autistas y con discapacidades en la comunicación*.

La metodología TEACCH se basa en tres principios básicos: evaluación cuidadosa y personalizada puesto que cada alumno es diferente, aprovechar fortalezas e intereses ya que esto le ayudará a estar más motivado y le sea más sencilla la tarea, y colaboración familiar ya que al final el alumno pasa mucho más tiempo en casa que en la escuela y por el bien del alumno se debe mantener una coherencia educativa entre ambas.

Esta metodología conceptualiza los trastornos del espectro autista como “la cultura del autismo” dando a entender que al igual que en las culturas, estos trastornos producen patrones característicos que influyen en el pensamiento, la comunicación, el comportamiento y la forma de entender el mundo [Mesibov and Shea, 2011, Mesibov et al., 2004].

De las características de esta cultura se destacan:

- Fortaleza en la compresión visual y debilidad en la comprensión auditiva.
- Foco de atención en los detalles en vez de en el significado que estos encierran.
- Facilidades para desvincular su atención en la tarea actual.
- Capacidad limitada para comprender las vivencias de otras personas.
- Dificultades para generar estrategias organizativas.
- Dificultades con el concepto del tiempo.
- Dificultades para generalizar de una situación a otra

Por ello, TEACCH propone estructurar el espacio físico para amoldarlo a las necesidades del alumno, de manera que le resulte atractivo, interesante y no cause distracciones que le hagan perder el foco. Además, establece que es necesario que las tareas sean secuenciales y predecibles de manera que el alumno pueda entenderlas y reducir la ansiedad frente a la incertidumbre que supondría desconocer qué viene a continuación. Estas tareas deberán estar visibles en una agenda y cada una deberá representarse de forma visual, estando siempre que sea posible presentes para que el niño pueda anticiparse .

Otro componente fundamental de esta metodología son las rutinas, una secuencia de tareas que es siempre igual, ya que esto ayuda al alumno con TEA a afrontar la tarea por su cuenta sin

necesidad de ser guiado salvo en las primeras ocasiones. En contraposición, también es necesario que exista flexibilidad para que el alumno sea quien decida puesto que el mundo real no se basa solo en rutinas.

Por último, se debe tener un sistema organizacional que permita al alumno saber qué tarea tiene que realizar, el tiempo y esfuerzo que conlleva, el progreso que lleva, cuánto le falta para terminarla y qué viene después.

3.2.3.3. DTT

Las siglas DTT vienen de el nombre de “entrenamiento de prueba discreta” que en inglés es “*Discrete Trial Training*”. Se trata de una metodología basada en la realización de pruebas concretas, de corta duración y repetidas veces. Es uno de los métodos más eficaces para el aprendizaje cuando existe una gran falta de comunicación [Smith, 2001]. Para utilizar esta metodología es necesario un estímulo discriminatorio que destaque sobre todo lo demás, un sistema de ayudas secuenciales, un objetivo a alcanzar, un sistema de refuerzo positivo y elementos de duración breve que no requieran respuesta del alumno y que sirvan de introducción a la siguiente prueba.

En primer lugar, los objetivos o comportamientos pueden presentarse de forma secuencial pasando una vez logrado el primero en orden por cada uno ellos. O bien, pueden presentarse simultáneamente o sin necesidad de haber conseguido el anterior. El tener varios objetivos favorece el progreso ya que si uno de ellos se atasca puede pasar a otros y volver más adelante con el que se había atascado.

Los estímulos discriminatorios deben captar la atención total del alumno, por lo que será necesario contar con un entorno libre de distracciones adaptándolo antes de la sesión. Estos estímulos suelen presentarse de forma visual con objetos o imágenes, pero también podrían presentarse de manera auditiva, por ejemplo, para enseñar a identificar los diferentes sonidos de los animales.

El sistema de pistas y ayudas sirve para guiar al alumno hasta el comportamiento deseado sin forzarle directamente a producirlo, bien sea en la prueba en curso o en las sucesivas. Existen diferentes teorías sobre cómo y cuándo producir estas ayudas con sus pros y sus contras. Una posibilidad es dar las pistas antes de presentar el estímulo, de manera que el alumno esté preparado para producir el comportamiento esperado rápidamente según reciba el estímulo. Otra opción podría ser prestar la ayuda solo cuando ocurra algún evento como, por ejemplo, después de demasiado tiempo sin respuesta o tras varios intentos fallidos, dejando así al alumno la posibilidad de intentarlo por sus propios medios. Además, estas ayudas pueden ser de forma gradual, siendo más intensas al principio y más sutiles al final, o al revés, yendo de menor a mayor intensidad. Aunque los métodos son todos muy eficaces, varios estudios muestran que el método con el que mejores resultados se obtiene es proporcionar al alumno ayudas tras darle la oportunidad de producir el comportamiento por sí mismo, y siendo estas cada vez más sutiles hasta desaparecer [Tarbox and Najdowski, 2008].

Como es habitual en todas las metodologías aplicadas a alumnos con TEA, el refuerzo positivo es una pieza importante incluso en caso de fallo. Es por esto, que para remarcar aún más que un comportamiento ha sido el que se esperaba, se necesita un refuerzo extra. Lo primero es hacerle llegar al alumno un mensaje de enhorabuena especificando concretamente por qué se le está dando. Además, pueden incluirse una serie de recompensas que podrán ser mejores o peores en función de la cantidad de ayuda que haya necesitado, animando así al alumno a esforzarse por conseguir producir el comportamiento deseado sin ayuda a fin de obtener una mayor recompensa. En ocasiones, pueden ofrecerse varios premios para que el alumno elija uno de ellos y así potenciar aun más el deseo por lograr alcanzar el objetivo.

Por último, entre las diferentes pruebas o antes de cada una, es muy recomendable introducir pequeños elementos de información que no requieran ningún tipo de respuesta por parte del alumno. Estos elementos deben ser breves y su finalidad es sacar al alumno de la prueba anterior e introducirlo en la siguiente, pudiendo incluir en este punto alguna de las pistas.

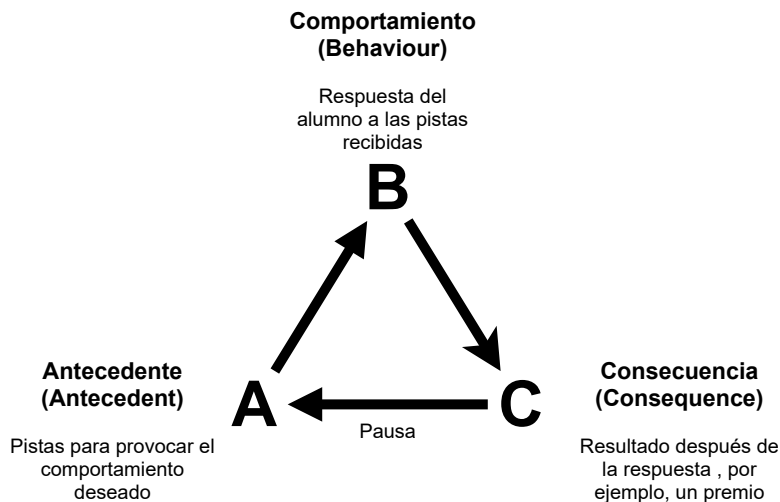


Figura 3.4: Flujo de pruebas en la metodología DTT.

Adicionalmente, para aumentar la eficacia del método se debe generalizar el estímulo para que el alumno pueda reaccionar ante él en diferentes contextos. También se debe monitorizar todos los resultados de estas pruebas y en función de ellos adaptar el programa educativo [Lerman et al., 2016].

Como resumen, en la figura 3.4 se puede ver el flujo normal de cada prueba y sus etapas. En primer lugar elementos de información que dan pie a que el alumno genere el comportamiento deseado. En segundo lugar el comportamiento producido por el alumno. Y por último, las consecuencias de ese comportamiento, que si es el deseado serán premios. Además, puede incluirse una concatenación de pruebas dejando una breve pausa entre ellas.

3.2.3.4. PECS

El acrónimo inglés PECS hace referencia a una técnica de comunicación alternativa y aumentativa llamada "*Picture Exchange Communication System*", en español viene a ser "sistema de comunicación intercambiando imágenes".

Uno de los aspectos más importantes de esta forma de comunicación es la increíble velocidad con la que los niños con TEA adquieren habilidades comunicativas. El primer paso es determinar los intereses de la persona exponiéndole una serie de objetos y evitar todo tipo de comunicación verbal innecesaria y preguntas que fuercen a la persona a mostrar sus intereses. Una vez se detecta el objeto preferido de la persona, se retirarán todos los demás y se le dará una imagen que represente dicho objeto, de manera que pueda asociar la imagen con el objeto real. Así cada vez que la persona quiera un objeto podrá solicitarlo y hacer un intercambio con la imagen que lo representa.

Una vez asociadas varias imágenes con su objeto correspondiente en un proceso gradual y paulatino, estas deberán incluirse en el día a día, de manera que la persona de forma autónoma decida iniciar un proceso comunicativo para intercambiar la imagen por el objeto. También, se introducirán poco a poco imágenes que no representen objetos, como por ejemplo: "Yo quiero", "Yo veo", etc. Poco a poco, la persona será capaz de asociar cada vez más imágenes con la realidad y podrá utilizarlas en los actos comunicativos. Además, ya no será necesario un proceso lento para relacionar una imagen con su objeto, puesto que ya estará habituado a establecer estas conexiones [Bondy and Frost, 1994].

Finalmente, cuando la persona dispone de un amplio vocabulario en imágenes, llega el momento de utilizarlas escribiendo y hablando.

Se ha demostrado que es un método muy eficaz y es por eso que el Centro Aragonés para la Comunicación Aumentativa y Alternativa (ARASAAC) ha diseñado y puesto a disposición de

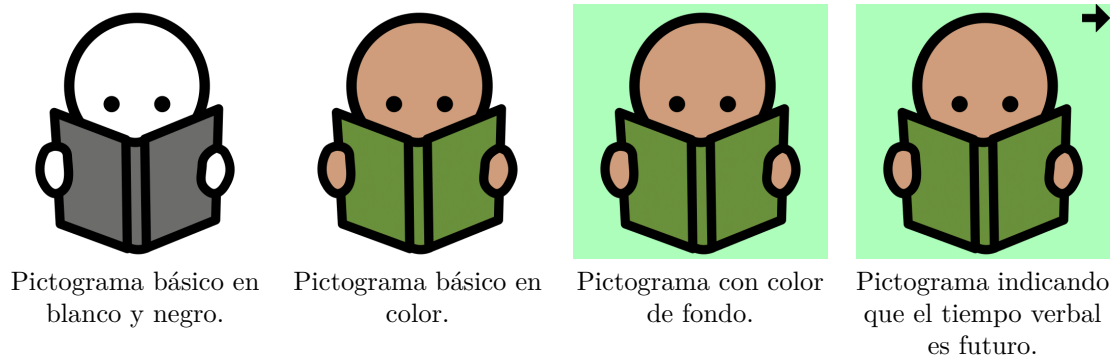


Figura 3.5: Pictogramas de ARASAAC. Verbo leer.

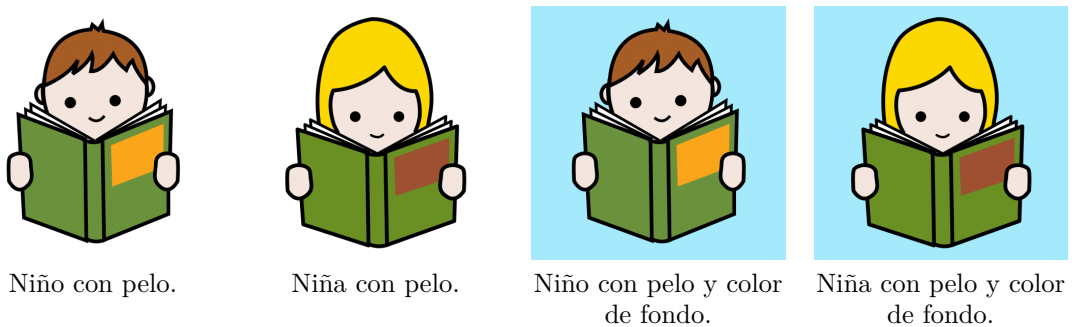


Figura 3.6: Pictogramas de ARASAAC. Verbo leer, personaje con pelo y sexo.

todos un conjunto de pictogramas muy amplio, abarcando cada vez más vocabulario, y siendo estos adaptables pudiendo añadir color de relleno y de fondo, añadir plural, tachar el pictograma, etc. La actividad principal de ARASAAC es facilitar la comunicación y la accesibilidad cognitiva a aquellas personas que tengan dificultades, favoreciendo la inclusión social. En la figura 3.5, se puede ver un ejemplo del mismo pictograma con diferentes adaptaciones. En primer lugar, se ve en blanco y negro, es el pictograma primitivo del que parten los demás ya que no existe ningún tipo de detalle que pueda perder al niño con TEA. Una vez que la capacidad del niño lo permita, se pueden introducir colores, e incluso detalles como el pelo del personaje que aparece en el pictograma e incluso diferenciación entre niño o niña como se ve en la figura 3.6.

3.3. Diseño de juegos serios para niños con TEA

Como en todo proyecto existen diferentes fases, siendo habitualmente una de las primeras la fase de diseño. Se trata de una fase muy importante en la que se pretende modelar la solución a un problema. Para ello, se debe identificar el problema y el contexto en el que se produce, documentarse acerca de este y proponer una solución que modelar y prototipar. Es un trabajo arduo y complejo con muchos factores a tener en cuenta de manera conceptual, técnica y práctica. Esta fase toma aún más peso cuando los usuarios finales son niños con TEA, puesto que los trastornos que padecen restringen en gran medida el diseño limitando, por ejemplo, el uso de detalles gráficos que llamarían demasiado la atención del niño perdiendo el foco de lo importante.

Por este motivo, en todo este proceso es altamente recomendable utilizar un buen *framework* tanto para el diseño como para el desarrollo y evaluación de los juegos serios, cuya estructura asegure que ninguno de los componentes se queda fuera o recibe una dedicación inferior a la que necesita. Un *framework* puede definirse como una estructura de componentes relacionados y ordenados de forma lógica [Khowaja and Salim, 2020]. Seguir un proceso estructurado puede llevar más fácilmente al éxito, pero la pregunta ahora es, ¿qué *framework* debería seguir?

Siempre se puede optar por crear un *framework* propio adaptado específicamente al caso concreto

de estudio. Sin embargo, el desarrollo de un método propio y efectivo requiere de un análisis profundo, además de una fuerte base teórica que refuerce las decisiones tomadas. Habría que incluir también una serie de pruebas aplicando el *framework* y verificar su efectividad iterando el proceso las veces necesarias para pulir el método, lo que implica a su vez contar con un grupo de expertos y de alumnos con TEA a disposición. Este trabajo necesita por tanto una inversión de tiempo y esfuerzo demasiado grande y unos recursos inicialmente inaccesibles como para tenerlo en consideración en este proyecto.

Es por ello que uno de los primeros pasos es informarse sobre *frameworks* existentes cuya efectividad haya sido verificada, para posteriormente escoger aquel que mejor se adapte al caso de estudio. Se ha seleccionado una serie de *frameworks* genéricos aplicables a diferentes campos y *frameworks* específicos. Esta selección se ha hecho en base a búsquedas en la plataforma “Google Scholar” en febrero de 2021 con los términos “serious game design framework”, “serious game design framework autism” y “vocabulary learning serious game design framework autism”. De los diferentes artículos se han filtrado los más relevantes, encontrando en algunos de ellos una revisión bibliográfica de *frameworks* con la que aplicar un segundo filtrado a los artículos correspondientes a dichos *frameworks*. Tras aplicar el filtro y dado el caso de estudio de este proyecto, los *frameworks* más relevantes son los siguientes:

- *Framework* para juegos serios generales orientados a la educación [Yusoff et al., 2009]:

Este *framework* combina pedagogía, teoría del aprendizaje y los requisitos de un juego, estableciendo un modelo conceptual para el diseño de juegos serios efectivos en la educación.

Los componentes de esta estructura propuesta son:

- Detectar las capacidades del usuario objetivo así como sus discapacidades intelectuales, motrices, psicológicas, efectivas...
 - Definir el contenido teórico que se desea enseñar
 - Establecer los objetivos que se deberían alcanzar. Es el resultado de combinar los dos elementos anteriores.
 - Marcar los atributos del juego que apoyan el aprendizaje. Un ejemplo de estos atributos podría ser: (1) el aprendizaje incremental, (2) linealidad en que se muestran los contenidos en el juego, (3) capacidad de atención y cargas de memoria a corto plazo, (4) ayudas del juego para guiar al usuario, (5) transferencia del nivel de conocimiento entre niveles y actividades del juego, (6) interacción requiriendo respuesta y participación del usuario, (7) permitir al usuario de dirigir las actividades, (8) posibilidad de practicar repitiendo tareas e incluso aumentando la dificultad de estas, (9) frecuencia del *feedback* que se da al usuario, (10) logros y recompensas, (11) adaptabilidad a las capacidades del usuario.
 - Actividad del aprendizaje que ayude al alumno a seguir jugando y aprendiendo.
 - Promover la reflexión sobre el propósito de las actividades y el planteamiento de estrategias para abordar las siguientes.
 - Género o categoría del juego.
 - Mecánicas, detalles y reglas del juego.
 - Logros, puntuaciones y recompensas del juego.
- *Framework* que busca reducir la complejidad a la hora de realizar el diseño de juegos serios generales [Westera et al., 2008]:

En este otro *framework* se hace una división en tres niveles distintos: nivel conceptual, nivel técnico y nivel práctico. Con esta división se busca reducir la complejidad del diseño.

- **Nivel conceptual**

El entorno educacional unido al entorno de los juegos serios se compone de cuatro subsistemas o mundos que hay que identificar.

El mundo del juego es aquel en el que los alumnos acceden a las tareas del aprendizaje y las realizan. En este mundo pueden existir diferentes localizaciones, objetos e incluso escenarios.

El mundo del estudiante es un entorno totalmente separado y que contiene el contexto específico del estudiante. Tiene en cuenta, por ejemplo, las discapacidades físicas, mentales y psicológicas del alumno.

El mundo del profesor es un entorno en el que este deberá poder seguir el progreso de los estudiantes, darles *feedback*, realizar intervenciones, etc.

El mundo de la gestión del juego es el que se encarga de coordinar las diferentes ejecuciones del juego con sus configuraciones. Esto permitiría realizar acciones como, por ejemplo, variar la dificultad del juego entre ejecuciones.

Además de tener en cuenta estos cuatro subsistemas en el nivel conceptual, hay que considerar las dinámicas del juego y los estados de sus componentes en cada momento. Una sesión de un juego debería poder reconstruirse a partir de una secuencia de estos estados, también llamados eventos. Por ello, es importante identificar en qué momentos se deben lanzar las llamadas que almacenen dichos estados. A este conjunto de disparadores de llamadas junto con las reglas que actúan sobre el juego se le llama *lógica del juego*

- **Nivel técnico**

En este nivel es necesario contar con un sistema de herramientas que permita el desarrollo y la implementación del juego. Estas herramientas nacen directamente del nivel conceptual.

Por ejemplo, para un juego basado en escenarios podríamos contar con las siguientes herramientas:

- Un constructor de escenas que permita crear diferentes pantallas de juego.
- Un constructor de localizaciones que permita situar en la escena diferentes áreas de acción normalmente diferenciadas por el color o imagen de fondo y que contiene un conjunto de objetos.
- Un constructor de objetos que permita crear nuevos elementos con sus atributos correspondientes.
- Un constructor de roles con el que se puedan crear nuevos roles aplicables a los jugadores con diferentes características y poderes.

Cada componente del juego debe tener métodos bien definidos que permitan identificar unívocamente los diferentes estados en que se encuentran, para poder construir entre todos el estado actual del juego, el cual debe ser almacenado en base a las reglas que se establezcan.

- **Nivel práctico**

En este nivel se busca reducir la complejidad del diseño de manera que el desarrollo sea más sencillo y alcanzable. Para ello, se proponen unos principios básicos sobre la estructura, el *feedback* y la representación.

Por ejemplo, si el juego se basa en la toma de decisiones, el árbol de decisión que se genera debe tener la menor profundidad posible para garantizar una estructura lo más sencilla posible, ya que el crecimiento es exponencial. Varias técnicas para reducir el número de nodos de este árbol pueden ser: incrementar la anchura del árbol y reducir la profundidad, redirigir al usuario a un nodo anterior para que pueda tomar otra

Fase	Componente	Propósito
Entrada	Comportamientos autistas	Intervención de conductas
	Capacidades	Desarrollar habilidades
	Contenidos del aprendizaje	Proveer el tema a trabajar
	Resultados del aprendizaje previstos	Definir metas
Proceso	Método de aprendizaje	Intervención efectiva
	Estrategias	Motivación y enfoques del aprendizaje
	Modalidades	Formas alternativas de interactuar con el sistema
	Reflexión	Mejorar el pensamiento
	Actividad del aprendizaje	Actividades atractivas
	Género del juego	Categorizar las actividades
	Mecánicas del juego	Reglas y lógica del juego
	Dinámicas del juego	Comportamiento emergente
	Historia del juego	Desarrollar la historia
	<i>Storytelling</i>	Diseño de las historias y jugadores
	Narrativas	Textos escritos o hablados de las historias
Personajes	Inteligencia artificial para los personajes	
Atributos del juego	Validar el aprendizaje igual que se haría en el aula	
Salida	Perfil del usuario	Detalles del usuario
	Logros del usuario	Desempeño en el juego del usuario

Tabla 3.3: Componentes del *framework* por fase y su propósito (adaptado de [Khowaja, 2017])

decisión cortando así la profundidad de esta rama, crear condiciones de finalización para comenzar un nuevo árbol o incluso llevar varios árboles en paralelo.

En lo referente al *feedback*, se debe evitar dar *feedback* al usuario de forma constante con cada acción y limitarlo solo a los momentos necesarios. Esto depende directamente del tipo de usuario al que está destinado el juego. En ocasiones se puede aprovechar el *feedback* de otros usuarios, por ejemplo, mediante foros o comunidades en que se comentan estrategias y usuarios más experimentados aconsejan a otros con más dificultades.

Por último, hay que centrarse en la funcionalidad del juego y dejar a un lado representaciones gráficas muy elaboradas y sobrecargadas que abarcan gran cantidad del tiempo y aportan menos valor al aprendizaje.

- *Framework* específico para el diseño de juegos serios orientados a la enseñanza de vocabulario a personas con TEA [Khowaja, 2017]:

Por último, este *framework* ha sido diseñado expresamente para el diseño de juegos serios para personas con TEA. Ha sido pensado más concretamente para juegos serios que buscan el aprendizaje de vocabulario, por lo que inicialmente podría ser una buena opción.

El *framework* se estructura en tres fases con sus distintos componentes, que como se puede ver en la tabla 3.3 cuenta con gran variedad de componentes genéricos para del diseño de juegos serios, pero también con algunos propios para el diseño enfocado a personas con TEA.

A continuación, se explicarán los diferentes componentes de esta estructura. En la fase inicial o de entrada se proponen cuatro componentes previos a comenzar el propio proceso de diseño, que en resumen buscan establecer un conocimiento base sobre el usuario objetivo, qué problemática presenta y definir qué se desea conseguir. Estos componentes son:

- **Comportamientos autistas.**

Se debe realizar un estudio teórico y a ser posible práctico que sirva para el conocimiento de las características especiales del comportamiento de los alumnos con TEA ante las diferentes situaciones y estímulos, así como de formas de atajar aquellas que puedan

impedir alcanzar el objetivo, y potenciar a su vez aquellas conductas que aumenten las probabilidades de éxito.

- **Capacidades.**

Este componente se refiere al desarrollo de habilidades cognitivas (memoria, comprensión, análisis, síntesis, etc), psicomotrices (percepción, reflejos, precisión, etc) o afectivas (respuesta, valoración, organización, etc) que el usuario puede adquirir durante el juego.

- **Contenidos del aprendizaje.**

En este punto hay que definir la materia concreta que se desea que el alumno aprenda a través del juego. Puede tratarse de conceptos, hechos, procedimientos o principios.

- **Resultados del aprendizaje previstos.**

Se trata de definir los objetivos que se desea cumplir mediante el juego serio en base a los comportamientos y capacidades descritos en los componentes anteriores, así como en los contenidos del aprendizaje. Estos objetivos deberán ser conocidos por el usuario.

La siguiente fase tiene lugar durante el proceso de diseño y desarrollo del juego serio.

- **Métodos de aprendizaje.**

Como se ha mencionado anteriormente en la sección 3.2.1, los alumnos con TEA presentan dificultades en el aprendizaje y por tanto su ritmo es distinto al de un alumno neurotípico. Por ello, es necesario identificar los puntos fuertes y débiles de cada alumno en concreto, para luego tomar una decisión sobre la forma de afrontar la intervención. En la sección 3.2.3 se muestran diferentes metodologías probadas y efectivas para el aprendizaje en personas con TEA.

- **Estrategias.**

Se suele decir que cada alumno es un mundo, y tratándose de personas con TEA esta afirmación se remarca mucho más. Es por ello que requieren unas técnicas de enseñanza más especializadas. En este punto se deben recoger dichas estrategias ya sean las de un caso de estudio concreto, o sean de un caso de estudio más amplio y general.

- **Modalidades.**

Las modalidades actúan en la relación entre el juego serio y el usuario pudiendo usarse para transmitir información al juego serio o, en sentido contrario, que el alumno adquiera cierta información de vuelta por parte del juego serio. Por ejemplo: el habla, la expresión facial, los gestos, el texto, los gráficos y las animaciones.

- **Reflexión.**

Una manera efectiva de mejorar el aprendizaje es brindar la oportunidad al usuario de saber en qué medida las decisiones tomadas durante el juego serio han ido mejorando a lo largo de las ejecuciones. De esta manera se le permite al usuario establecer una relación entre decisiones tomadas en actividades anteriores que le han llevado al éxito o le han alejado de este, de manera que pueda repetir o alterar dichas decisiones. Por ello, antes de empezar el juego el usuario debe conocer los objetivos, durante el juego debe poder ver el avance hasta estos, y al finalizar un resumen del desempeño.

- **Actividad del aprendizaje.**

Las actividades son aquellos elementos del juego diseñados para atraer al jugador de manera que este no se aburra. Dichas actividades deben suponer un cierto reto que implique un pequeño esfuerzo por parte del usuario de manera que además de sentirse atraído por el juego adquiera un mayor nivel de competencia.

- **Género del juego.**

El género de un juego se utiliza para categorizarlo, pudiendo pertenecer a uno o más géneros, entre los que encontramos: aventura, simulación, estrategia, juegos de mesa, deportes, etc.

- **Mecánicas del juego.**

Las mecánicas del juego son ni más ni menos que el conjunto de acciones y mecanismos de control que se le proporcionan al usuario que atienden a una serie de reglas para poder utilizarse, como por ejemplo, en el ajedrez puedes mover el alfil si se cumple que es de tu color, es tu turno, lo has seleccionado, lo mueves diagonalmente y no atraviesas otras piezas.

- **Dinámicas del juego.**

Las dinámicas del juego actúan cuando el jugador hace uso de las mecánicas del juego pudiendo una acción alterar las reglas del entorno, lo cual genera una mayor expectación y diversión.

- **Historia del juego.**

La historia del juego es el conjunto de los siguientes componentes: *storytelling*, narrativas y personajes.

- ***Storytelling.***

Se conoce como *storytelling* a la forma de contar la historia. La historia puede ser creada por el diseñador o creada por el propio usuario en base a una serie de interacciones. El resultado de ambas se traduce en la historia que vive el personaje del juego que puede llegar a ser distinta para cada jugador, como es habitual en los juegos de aventura y de rol. En los juegos de mesa o de lógica, por ejemplo, no suele haber historia del usuario y muchas veces tampoco del diseñador. En este punto se debe decidir qué tipo de historia va a existir en el juego.

- **Narrativas.**

Las narrativas son componentes de la historia en los que el usuario no tiene ningún tipo de control y tan solo es un espectador. Pueden ser una combinación de textos, audios, vídeos, etc. El propósito de estas es presentar al usuario un evento, como por ejemplo, la explicación de la actividad, o una secuencia que muestra como el villano del juego rapta a otro personaje el cual habrá que rescatar más adelante.

- **Personajes.**

Los personajes del juego pueden ser personajes controlados por el usuario, personajes controlados por inteligencias artificiales, personajes con los que se interactúa pero no juegan, etc.

- **Atributos del juego.**

Los atributos del juego son aquellos aspectos que verifican el éxito del juego en cuanto al aprendizaje. Para que un juego serio sea efectivo deben poder validarse confrontando con las prácticas de enseñanza actuales. En la tabla 3.4 podemos ver una serie de atributos del juego clasificados según diferentes teorías del aprendizaje y la teoría de la psicología.

La última fase es la salida. Está formada por aquellos eventos que se lanzan cuando el usuario juega. De cada actividad del aprendizaje se sacan métricas para medir el desempeño y crear un perfil de usuario, de manera que tras varias iteraciones se pueda hacer seguimiento del progreso del alumno.

- **Perfil del usuario.**

Cada usuario tiene su perfil, el cual podrá contener cierta información básica, como por ejemplo, nombre y curso. Además el perfil del usuario deberá permitirle ver su progreso

Conductismo	Cognitivismo	Constructivismo	Psicología
Interacción (equipamiento)	Aprendizaje incremental	<i>Scaffolding</i>	Aprendizaje real y situado
Interacción (interpersonal)	Linealidad	Controles de usuario	Adaptación al estilo del alumno
Interacción (social)	Periodo de concentración	Progreso	Evaluación
Lenguaje o comunicación	Transferencia de habilidades adquiridas	Adaptación	Fantasia
Recompensa	Motivación	Localización	Piezas o jugadores
Práctica y ejercicios		Sorpresa	Representación
<i>Feedback</i>		Ayuda y soporte	Estímulos sensoriales
Reglas/metas			Seguridad
Sentimientos positivos			Desafío
Conflictos			Misterio
Repaso			Intensidad

Tabla 3.4: Atributos del juego según las teorías del aprendizaje y la psicología (traducido de [Khowaja, 2017])

en cualquier momento. Este progreso se obtiene a partir de los datos generados durante cada iteración del juego.

- **Logros del usuario.**

Un elemento que puede formar parte del perfil del usuario son los logros. Estos deben suponer retos alcanzables que animen al usuario a seguir jugando hasta adquirir las habilidades necesarias para conseguirlos. El conseguir dichos logros supone alcanzar los objetivos del aprendizaje marcados.

Siguiendo esta estructura, se puede asegurar que todos los aspectos necesarios para alcanzar el éxito de un juego serio, orientado a que personas con TEA adquieran vocabulario, están cubiertos en la fase de diseño.

Una de las razones por las cuales este *framework* es completamente válido es porque ha sido aprobado por una quincena de expertos en juegos serios, y enseñanza de personas con TEA. Dichos expertos remarcan que estos alumnos presentan dificultades en la gramática y el vocabulario y que esto afecta de forma directa a la calidad de la comunicación. En cuanto a las metodologías principales, estos expertos coinciden en su mayoría en el uso de DTT y PECS, descritas en las secciones 3.2.3.3 y 3.2.3.4 respectivamente. Por último, concluyen también que el uso de la tecnología es beneficioso para solventar gran variedad de los problemas que presentan, como en el vocabulario, pudiendo aprender a distinguir bien colores, formas, partes del cuerpo, frutas, etc.

Otra de las pruebas de su efectividad es que el propio autor ha aplicado este *framework* en un prototipo de juego serio orientado a ayudar a las personas con TEA a aprender vocabulario de una forma más fácil e intuitiva, logrando un cierto grado de éxito. [Khowaja et al., 2018]

El primero de los *frameworks* está orientado a las necesidades del usuario, proponiendo una estructura general bastante adaptable a cada usuario. El último de ellos coincide en esa adaptación al usuario pero concretando mucho más el tipo de usuario al que va enfocado, usuarios con TEA. Por este motivo, no es de extrañar que tengan ciertas similitudes en su estructura como el detectar los puntos fuertes y débiles específicos del usuario objetivo, definir el contenido que se desea enseñar con unos objetivos bien marcados, promover la reflexión como refuerzo del aprendizaje, y

por supuesto los elementos comunes del diseño de un juego serio como son el género las mecánicas, sistemas de recompensas, etc.

El *framework* de *Khowaja* además incluye componentes como los métodos de aprendizaje, estrategias y modalidades, que están fuertemente relacionados con las personas con TEA al requerir una especial atención por las restricciones que provocan estos trastornos. También añade a la estructura componentes para juegos que contienen historias y personajes.

El segundo de los *frameworks* mencionados, en cambio, no establece una serie de componentes tan parecida a los otros, ya que lo que busca es reducir la complejidad del diseño, separando cada elemento del diseño en sus “mundos” correspondientes y construyendo el estado del juego a partir del estado de estos. También, sugiere crear constructores de componentes generales, como las escenas y los objetos para centralizar el diseño en menos puntos del sistema. Y por último, reducir el árbol de historias posibles en caso de que las hubiera y reducir el *feedback* para que este no sea constante y siga siendo efectivo.

Una combinación de los componentes de estos *frameworks* y de las sugerencias para reducir la complejidad del diseño, podría resultar de gran utilidad.

Capítulo 4

Descripción del trabajo

Una vez descrito el contexto teórico en el que se encuadra la idea de este trabajo, este capítulo se centra en describir el trabajo realizado, planteando primero una propuesta que solucione uno de los problemas que tienen los alumnos con TEA, el aprendizaje de vocabulario. Tras el planteamiento de esta propuesta se expone el diseño de la solución guiado por las pautas de uno de los *frameworks* descritos en 3.3 y, por último, detalles de la implementación final.

4.1. Propuesta

Además de la barrera comunicativa, también se ha detectado que las personas con TEA presentan dificultades en el aprendizaje durante su etapa escolar en diferentes materias. Una de estas dificultades está relacionada con la limitación de vocabulario y lo trabajoso que les resulta adquirirlo. Esto tiene un impacto negativo en otros aspectos de la comunicación oral y escrita, por ejemplo, con faltas gramaticales, frases sin sentido por usar palabras que significan otra cosa, mala comprensión lectora y demás habilidades lingüísticas. Se genera así, por tanto, un ciclo retroalimentado que es necesario romper. Son varios los artículos y experiencias que apuntan en esta dirección [Chiang and Lin, 2007, Khowaja et al., 2018, Zajic et al., 2020, Hilvert et al., 2020]. Teniendo en cuenta estos aspectos, este trabajo busca crear una propuesta educativa que tiene por objetivo facilitar el aprendizaje de nuevo vocabulario a los alumnos con TEA bajo la supervisión de su tutor. Mediante el uso de un juego serio, queremos fomentar que la tarea del aprendizaje sea una experiencia entretenida a la vez que eficaz, permitiendo al alumno con TEA adquirir vocabulario de forma más sencilla y amigable.

La decisión de utilizar los juegos serios viene dada por la gran afinidad que se ha demostrado que las personas con TEA tienen con las TICs [Ploog et al., 2012, Zakari et al., 2014, Vallefuoco. et al., 2017, Constantin et al., 2017, Avilés Gómez and Moya García, 2019], y la efectividad de éstos en todo tipo de alumnos ya pertenezcan al colectivo TEA o a los llamados neurotípicos, alumnos sin TEA ni otras afecciones neurológicas. Por otro lado, haciendo uso de las TICs se consigue reducir el acto comunicativo con el profesor durante el aprendizaje, salvando una de las barreras que impiden al alumno asimilar los conceptos que se le están enseñando. Sin embargo, el profesor deberá incluir actos comunicativos en otras tareas pues es imprescindible para el desarrollo total del alumno.

En concreto, esta propuesta se centra en el desarrollo de un juego serio al que se le ha dado el nombre de *CrazyWords*, y de una plataforma de gestión para hacer uso de este, a la que se le ha dado el nombre de *SchoolGame*. En la sección siguiente se detallará el diseño de este juego serio siguiendo el *framework* de desarrollo de juegos serios para el aprendizaje de vocabulario de niños con TEA propuesto por Khowaja [Khowaja, 2017].

Antes de comenzar con el diseño suele ser recomendable hacer un “estudio de mercado” de aplicaciones existentes. En el apartado 3.1.3 se han comentado algunas de estas aplicaciones, las

cuales se ven reflejadas en la tabla 4.1 junto con la propuesta en este proyecto para poder realizar una comparativa.

Una característica fundamental que hace realmente útil cualquiera de estas aplicaciones son los pictogramas e imágenes. Una forma habitual de introducir estos pictogramas es hacer uso de la colección de pictogramas que proporciona ARASAAC, puesto que además de ser gratuita, los niños con TEA están muy familiarizados con ellos al usarlos en su día a día. Sin embargo, algunas optan por crear su propio repositorio de imágenes.

A parte de tener un repositorio de imágenes, ya sea propio o externo, una funcionalidad interesante que algunas aplicaciones incluyen, puede ser la introducción de imágenes proporcionadas por el usuario, de esta manera se puede adaptar más aún a las necesidades del niño. Por ejemplo, se puede introducir una serie de rostros de personas reales para enseñar al niño a asociar las emociones con el gesto facial de distintas personas.

En cuanto al número potencial de personas a las que puede llegar cada aplicación el primer factor importante es el precio, siempre que sea gratis podrá alcanzar un mayor número de usuarios. Sin embargo, no siempre es posible ofrecer los productos gratis y por ello existen aplicaciones como es el caso de *AbaPlanet*. Otro factor importante para un mayor alcance es la disponibilidad en diferentes plataformas, pues no todo el mundo dispone de un dispositivo iOS o Android. El desarrollo multiplataforma es la mejor elección para alcanzar al mayor número de usuarios.

Por último, comparando las diferentes aplicaciones se puede comprobar un claro patrón en el diseño de la interfaz gráfica, procurando que esta sea sencilla y evitando el abuso de detalles visuales, ya que estos provocan que los niños con TEA se concentren en esos detalles en lugar de en lo esencial.

El juego serio propuesto es por tanto una buena elección ya que integra los pictogramas de ARASAAC, no cierra las puertas a incluir a futuro imágenes propias del usuario, está pensada para funcionar en cualquier plataforma y su interfaz gráfica ha sido diseñada siguiendo las líneas comunes y recomendadas por expertos.

4.2. Diseño

Con el objetivo de que las herramientas desarrolladas como parte de este trabajo de fin de máster puedan ser aplicables en un escenario real, en esta sección desgrana el impacto que ha tenido el *framework* de diseño para juegos serios orientados a la enseñanza de vocabulario a alumnos con TEA [Khowaja, 2017], descrito en el apartado 3.3 y su impacto en el diseño de *Crazy Words*. Consideramos que este marco de trabajo se ajusta al objetivo de este proyecto, en el que se busca aliviar las dificultades en el lenguaje que presentan los alumnos con TEA. Cabe destacar, que este marco de trabajo, cuenta con el apoyo de una quincena de expertos y con algunos prototipos que han hecho uso de él a fin de probar su efectividad [Khowaja and Salim, 2019, Ismail et al., 2019, Khowaja et al., 2020a].

A pesar de ser un *framework* poco probado en grandes proyectos o juegos comerciales, cuenta con una fuerte fundamentación teórica y validación de diferentes profesionales del área, además de proporcionar estructura muy detallada de los aspectos a tener en cuenta en el diseño de un juego serio.

Siguiendo la estructura del marco de trabajo, cada uno de los siguientes sub-apartados se corresponden a cada uno de los aspectos desarrollados por este *framework* y cómo han tenido impacto en el diseño del prototipo desarrollado como parte de este trabajo.

4.2.1. Entrada - Comportamientos

El estudio teórico sobre las características especiales de los comportamientos de los alumnos con TEA han sido analizadas como parte del marco teórico 3.2. La tabla 4.2 extraída de [Khowaja, 2017] muestra un resumen de estos comportamientos entre los que cabe destacar:

	Imágenes de ARASAAC	Imágenes propias	Subir imágenes	Interfaz gráfica	Disponibilidad
ABC Autismo	No	Sí	No	Muy intuitiva, con distractores visuales	Android
Día a Día	No	No	Sí	Cuesta entenderla, pantallas muy cargadas	Android, iOS
Dicatapicto	Sí	No	Sí	Sencilla, intuitiva, sin distractores visuales	Android, iOS
José Aprende	Sí	No	No	Sencilla, intuitiva, sin distractores visuales	Android, iOS
PictoTEA	Sí	No	Sí	Sencilla, sin distractores visuales	Android
AbaPlanet	No	Sí	No	Sencilla, sin distractores visuales	Pago, iOS
Sígueme	Sí	Sí	No	Compleja, pantallas muy cargadas, demasiados distractores visuales	Multiplataforma
CrazyWords	Sí	No	No*	Sencilla, intuitiva, sin distractores visuales	Multiplataforma

Tabla 4.1: Tabla comparativa de aplicaciones existentes y *CrazyWords*

* En un futuro podría añadirse esta característica

Comprensión del lenguaje	Comunicación verbal	Comunicación no verbal	Comportamientos generales
Retrasos en gramática y contenidos	Retraso e incluso ausencia del habla	Ausencia de esfuerzo por hacer uso de la comunicación no verbal	Ausencia de respuesta a los métodos del profesor
Comprensión de las palabras rígida	Desconocimiento de como empezar, mantener o terminar una conversación	Uso de menos gestos	Menos motivado a compartir experiencias
Dificultad a la hora de comprender que los objetos pueden llamarse de diferentes formas	Uso frecuente de la ecolalia	Dificultad a la hora de seguir direcciones Aparentar no estar escuchando Incapacidad de señalar y saludar	Proporcionar respuestas ajenas a las preguntas

Tabla 4.2: Comportamientos relacionados con el vocabulario (traducido de [Khowaja, 2017])

- **Comprensión rígida de las palabras:** las palabras tienen un significado literal por lo que los dobles sentidos y metáforas escapan a sus capacidades.
- **Retraso e incluso ausencia del habla:** debido a estos trastornos y la falta de vocabulario, la comunicación verbal se muy mermada y afectada.
- **Ausencia de esfuerzo por hacer uso de la comunicación no verbal:** es muy común que el alumno con TEA evite el contacto visual, lo que hace que le sea imposible percatarse del lenguaje no verbal, e incluso no entenderlo cuando existe dicho contacto y por ende le es imposible usarlo para comunicar.
- **Ausencia de respuesta a los métodos del profesor:** relacionado con todo lo anterior la falta de comprensión o de interés empuja al alumno a evadirse.

Para que la aplicación sea adecuada y efectiva para estos alumnos, es necesario tomar como restricciones de entrada estos comportamientos, a fin de adaptar el diseño para atajarlas desde el principio.

4.2.2. Entrada - Capacidades

Las capacidades del alumno sobre las que se desea trabajar mediante el uso del juego son las siguientes:

- **El desarrollo de la memoria aprendiendo nuevas palabras.** La mecánica principal de juego consiste en presentar al jugador nuevas palabras (se lleva un registro de las ya presentadas), además de incluir un modo de juego de repaso que permite analizar esta capacidad y favorece su desarrollo.
- **La comprensión de las palabras conociendo su significado.** La palabra que se le plantea como reto al alumno viene acompañada de un pictograma que tiene por objetivo facilitar la comprensión y la asimilación de la palabra, así como facilitar la memorización de la nueva palabra.
- **La estrategia utilizando las letras del juego con lógica.** Para alcanzar el objetivo del juego, el alumno deberá utilizar las letras disponibles de la manera que crea más conveniente.

Estableciendo relaciones entre sus movimientos en las diferentes partidas y los resultados obtenidos, el alumno podrá ir mejorando la calidad de sus decisiones.

4.2.3. Entrada - Contenidos del aprendizaje

Los contenidos de aprendizaje que se plantea abordar con el juego serio *CrayzWords* son dos: la adquisición de nuevo vocabulario y la asociación de este con el concepto que representa. Con el objetivo de personalizar la experiencia de los alumnos, el profesor podrá crear, a modo de reto, un conjunto de palabras (cada una de ellas con su correspondiente pictograma asociado) para cada alumno o grupo de alumnos.

Por otro lado, para asegurar una adquisición de conocimiento a lo largo del tiempo, el alumno podrá practicar siempre que quiera con las palabras que haya aprendido previamente en un reto propuesto por su profesor. De esta manera el vocabulario podrá asentarse en la memoria a largo plazo del alumno.

Además de mejorar el vocabulario, los retos incluirán un pictograma asociado a cada palabra que forme parte del reto, con el objetivo de que los alumnos aprendan palabras nuevas. Se desea que el alumno asocie cada palabra con su significado correspondiente, es por esto que se hace uso de los pictogramas que el alumno con TEA utiliza en su vida cotidiana.

Los grupos de palabras creados por el profesor permiten que el alumno aprenda a asociar unas palabras con otras. Por ejemplo, con un grupo llamado “colores” el alumno podrá establecer una relación entre las palabras “rojo”, “verde” y “azul”, pudiendo de esta manera comprender que representan la misma característica de un objeto. Podría incluso aprender categorías gramaticales como adjetivos, sustantivos, verbos, etc.

4.2.4. Entrada - Resultados del aprendizaje previstos

El principal objetivo que se espera es una mejora en la comunicación verbal del alumno. Esta mejora estará basada en los retos planteados por su profesor, además del modo de repaso, que permitirá refrescar y prolongar la retención del vocabulario trabajado y su significado, a través de los pictogramas. El método de evaluación de dicha mejora quedará en manos del profesor, quien podrá ajustarse adecuadamente a la situación y valorar si realmente existe una buena comunicación.

Como objetivo secundario y de manera indirecta, se espera también que el alumno con TEA trabaje la competencia de toma de decisiones. En este sentido el uso de un juego serio puede ser efectivo para analizar el impacto de las decisiones, sabiendo que estas afectan a sucesos futuros, formando sus propias estrategias y evaluando la calidad de sus decisiones durante el juego. Para evaluar esta mejora, podrían a futuro analizarse las trazas obtenidas del uso de la aplicación por parte del alumno.

4.2.5. Proceso - Método de aprendizaje

En la sección 3.2.3 se analizan una serie de métodos utilizados para potenciar el aprendizaje de personas con TEA independientemente de su edad y del grado de afección neurológica. En este sentido, estas metodologías se han tenido en cuenta durante el diseño de *CrayzWords*. A continuación se describe como han influido dichos métodos en las herramientas desarrolladas como parte de este trabajo de fin de máster.

En primer lugar estaría el método ABA el cual hace hincapié en que hay que analizar a cada alumno y adaptarse a las necesidades de éste. Es por esto que la aplicación diseñada permite al profesor añadir sus propios conjuntos de palabras y activarlos o desactivarlos para cada alumno, pudiendo así incluir esa personalización y adaptación a cada alumno. El resto de metodologías analizadas, se basan en esta.

Esa libertad a la hora de crear y asignar conjuntos de palabras permite al profesor incluir vocabularios o conceptos que sean de especial interés para el alumno como se propone en TEACCH.

Además, TEACCH también propone explotar las fortalezas de estos alumnos tales como, por ejemplo, su comprensión visual, e incrementar el apoyo en aquellas características en las que presentan mayor dificultad como, por ejemplo, el concepto del tiempo y la pérdida del foco de atención. Para trabajar la falta de comprensión sobre el concepto del tiempo, *CrayzWords* incluirá durante la partida un temporizador que indique el tiempo restante para terminar la partida y además una barra que se llenará con el paso de ese tiempo. El espacio de la aplicación se ha acomodado a estas necesidades al no sobrecargar de detalles la interfaz visual, ayudando así a que el alumno no pierda el foco de atención. En cuanto al sistema organizacional, en esta aplicación se ha tomado la decisión de no incluir por el momento tareas fijas, sino que el alumno es el que debe tomar la iniciativa y elegir por sí mismo el modo de juego. No obstante el diseño y la arquitectura de la solución es suficientemente flexible para que en el futuro, puedan incluirse una serie de tareas estructuradas creadas por parte del profesor, como por ejemplo, aprender 2 frutas nuevas y después jugar en el modo repaso 5 veces.

La metodología PECS nos introduce como elemento central fundamental las imágenes que representan objetos. Debido a la limitación temporal para el desarrollo de este trabajo de fin de máster, en esta aplicación se podrán utilizar solo los pictogramas que ofrece ARASAAC¹, puesto que los alumnos con TEA están más que familiarizados con estos y además abarca un número cada vez mayor de palabras cuyo pictograma se puede adaptar a las necesidades del alumno, por ejemplo añadiendo o eliminando colores como se ve en las figuras 3.5 y 3.6 comentadas anteriormente.

Por último, para aplicar la metodología DTT se ha establecido como comportamiento objetivo el aprender una palabra, pudiendo pasar a aprender otra palabra distinta sin necesidad de haber aprendido la primera. El estímulo en este caso será visual y tratándose de uno de los pictogramas sacado de ARASAAC, el cual representa el comportamiento buscado. El sistema de ayudas será cambiante, yendo de mayor cantidad a menor. Estas ayudas pueden presentarse de dos formas, bien porque las solicita el alumno, o bien porque ha fallado un número determinado de veces seguidas. Se diseñarán 3 niveles de dificultad para que el alumno decida voluntariamente cambiar entre ellos. El primer nivel tendrá disponibles todas las ayudas, el siguiente contará con algunas menos ayudas, y el último nivel no tendrá disponible ningún tipo de ayuda.

Como todos los métodos indican, siempre se le dará *feedback* al alumno, y este será en tono positivo incluso en caso de no lograr alcanzar el objetivo. También se recogerán todos los datos relativos a la actividad y el progreso del alumno, y se recogerán de tal manera que posteriormente puedan ser procesadas para generar información relevante para el profesor.

4.2.6. Proceso - Estrategias

La principal estrategia utilizada será la interacción del alumno con el computador, ya que la afinidad de este con las TICs y la ausencia de comunicación con el profesor la convierten en la estrategia ideal.

Para que el alumno pueda asociar una palabra con su significado se pretende utilizar los pictogramas creados por ARASAAC haciendo uso de su API para desarrolladores², puesto que estos alumnos están bastante familiarizados con ellos y han sido diseñados expresamente para ellos. A través del pictograma el alumno será capaz de saber rápidamente el significado, mientras que la palabra la tiene que ir descubriendo a lo largo del juego. Se mezcla la estrategia del aprendizaje visual con la del aprendizaje por descubrimiento.

Para asentar los conocimientos se utilizará la estrategia de la repetición, permitiendo al alumno jugar tantas veces como desee facilitando así la durabilidad de lo aprendido y la calidad de comprensión.

Estas estrategias se pueden agrupar en dos más generales que son la instrucción explícita ya que se le muestra al alumno tanto la palabra como su significado, y la instrucción multimedia, ya

¹ARASAAC: Centro Aragonés para la Comunicación Aumentativa y Alternativa

²API para desarrolladores de ARASAAC: <https://arasaac.org/developers/api>

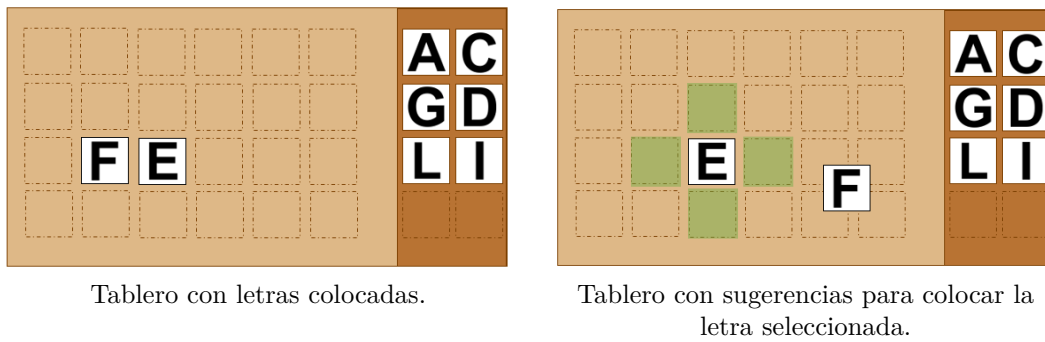


Figura 4.1: Tablero de juego

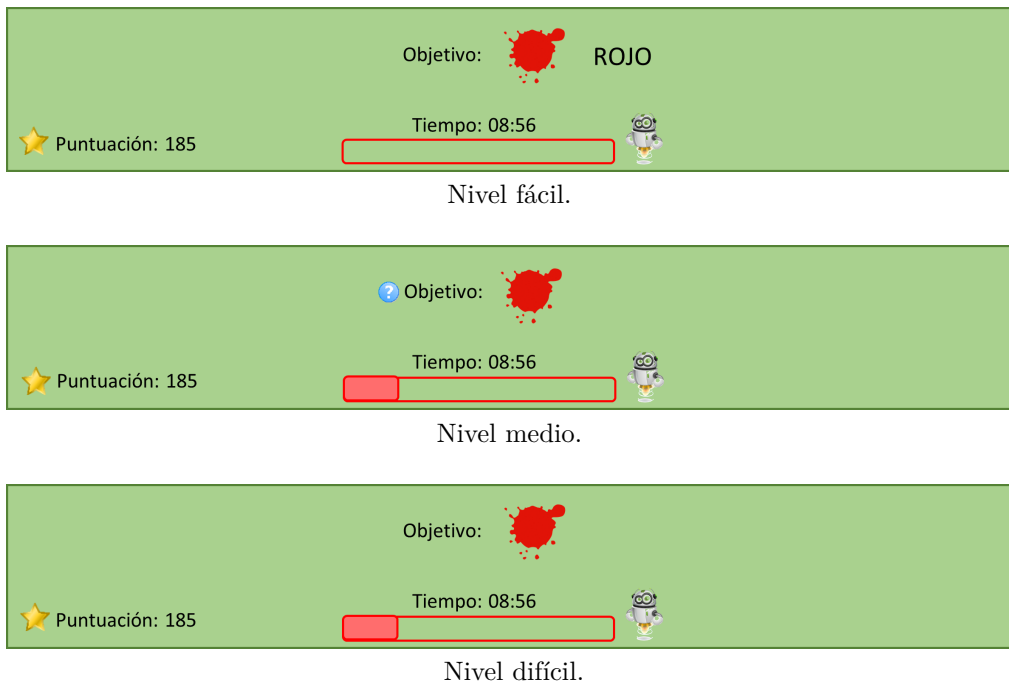


Figura 4.2: Cabecera durante la partida.

que se hace uso de texto e imágenes a través de la pantalla. Estos métodos generales son bastante utilizados conjuntamente demostrando su efectividad [Khowaja and Salim, 2013].

4.2.7. Proceso - Modalidades

El juego se comunicará con el usuario a través de la interfaz gráfica, haciendo uso principalmente de texto e imágenes. El usuario a su vez interactuará con el sistema haciendo uso de dispositivos de entrada como el ratón y el teclado.

La mecánica principal durante la partida será el arrastre de letras de un tablero a otro teniendo, en función del nivel de dificultad, *feedback* inmediato del juego que durante el arrastre remarque las casillas objetivo válidas como se muestra en la Figura 4.1.

Durante la partida, además del tablero, estará disponible también una cabecera que mostrará la puntuación actual, el tiempo restante y el objetivo (representado por un pictograma) como se muestra en el diseño de la figura 4.2. Esta cabecera variará mínimamente en función del nivel de dificultad con el que se esté jugando en ese momento. En el nivel fácil la palabra que se corresponde con el pictograma estará siempre visible. En el nivel medio se mostrará la palabra pulsando el botón ayuda. En el nivel difícil no se mostrará ni la palabra ni el botón de ayuda.

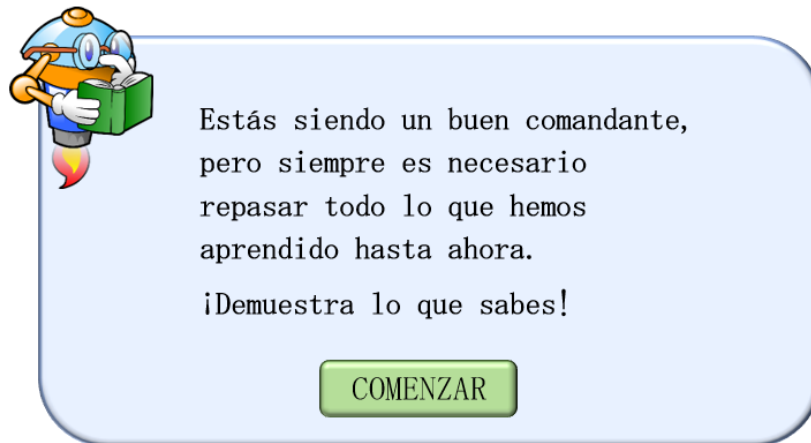


Figura 4.3: Mensajes emergentes

Además, el juego requerirá la interacción del usuario a través de diferentes pantallas emergentes como la de la Figura 4.3, que puede servir para llamar la atención del usuario cuando lleve tiempo sin reaccionar, contar la historia del juego, mostrar ayudas, etc. Para que el jugador interactúe dispondrá de uno o varios botones en función de las acciones que pueda realizar.

A modo de resumen, se pueden categorizar las modalidades en dos grupos: entrada y salida. Como modalidades de entrada tendríamos toda la interacción del usuario a través del ratón o pantalla táctil, mientras que como modalidades de salida tendríamos la interfaz visual con sus botones, mensajes emergentes, etc. Se ha optado por utilizar tan solo las modalidades básicas de interacción siguiendo la línea que se recoge en la revisión de modalidades llevada a cabo por Khowaja y Salim [Khowaja et al., 2020b].

4.2.8. Proceso - Reflexión

Para dar a conocer al usuario su desempeño, éste se mostrará en forma de puntuaciones tanto a lo largo de la partida como al final, junto con una breve comparación con ejecuciones anteriores. Además también se incluirá un sistema de insignias y recompensas conseguidas a través de las diferentes interacciones con el juego serio. Como ya se ha mencionado, el objetivo es que el alumno reflexione sobre las decisiones que ha tomado y las jugadas que le han llevado a conseguir una mejor puntuación y cuáles no, a fin de llegar a conseguir superar su propia puntuación y recolectar todas las insignias posibles.

4.2.9. Proceso - Actividad del aprendizaje

El sistema de logros, insignias y recompensas forma parte de las actividades del aprendizaje, pues supone un reto en sí mismo y empuja al alumno a jugar más veces para conseguirlas todas.

Además, el hecho de tener diversos conjuntos de palabras disponibles y gran variedad de estas, también empuja a seguir jugando y aprendiendo cada vez más palabras.

4.2.10. Proceso - Género del juego

Este juego se enmarca en las categorías de minijuegos y juegos casuales, pues se caracterizan por tener reglas básicas con un conjunto de acciones muy acotado y ser partidas relativamente rápidas. Podría enmarcarse también dentro del género de juegos de mesa, ya que las mecánicas del juego son en base a unas tarjetas que se apoyan en una mesa o tablero.

La razón fundamental tras la elección de esta tipología o género de juego viene dada por la necesidad de las personas con TEA de ser conscientes del tiempo y de tener planificadas las siguientes tareas de la jornada. Esta necesidad hace imposible la ausencia de tiempo límite, y los

juegos sin final. Además un conjunto de reglas básico y reducido resulta más sencillo de entender y de controlar desarrollando estrategias propias.

4.2.11. Proceso - Mecánicas del juego

La forma en que el usuario interactuará con el juego será mediante el uso del ratón o pantalla táctil con los gestos de pulsar, arrastrar y soltar.

En el menú inicial el jugador podrá seleccionar el modo de juego “historia”, “libre” y “repaso”. El modo libre permitirá al alumno escoger el paquete de palabras con el que desea jugar de entre aquellos que se encuentren disponibles. La disponibilidad de los conjuntos de palabras la establecerá el profesor, pudiendo seleccionar conjuntos predefinidos o creados por él mismo. El modo de juego “repaso” se desbloqueará tras haber aprendido un número determinado de palabras, siendo estas las utilizadas para formar el objetivo.

En este menú también tendrá la opción “tutorial” donde podrá ver una guía de como se juega, y la opción “logros” en la que podrá ver su perfil con los distintos retos a cumplir y los ya completados.

El juego consta de dos tableros, el primero de ellos es el de las tarjetas en mano y el segundo el tablero de tarjetas colocadas. El jugador deberá interactuar con el primer tablero seleccionando una de las letras y arrastrándola a una posición del segundo tablero que cumpla que la posición destino esté vacía y esta solo podrá ser adyacente a otras tarjetas ya colocadas (ver 4.1).

En caso de fallo a la hora de colocar la letra, esta volverá a su posición inicial. Si el fallo se produce varias veces seguidas, se le dará *feedback* al alumno mostrándole un mensaje de ayuda que le recuerde las reglas de posicionamiento de las letras (del panel derecho al izquierdo, siendo la casilla destino vacía y adyacente a una letra).

Si el jugador se queda bloqueado y está un tiempo sin interactuar, se le mostrará un mensaje solicitando su interacción para saber que sigue estando ahí. El tiempo quedará detenido hasta que el alumno interactúe y desaparezca el mensaje.

Tras finalizar la partida completa el jugador verá su desempeño durante ésta, y una valoración del progreso respecto a partidas anteriores. Por último, volverá al menú principal.

Desde el punto de vista de las analíticas, podría ser interesante llevar un registro de estas mecánicas, midiendo el uso que hace el usuario de ellas y el acierto con que lo hace. De esta manera, se pueden mejorar aquellas que tengan algún defecto y sustituir en caso de ser necesario aquellas que se detecte que el alumno utiliza con poco acierto por otras que quizás puedan resultar mejores.

4.2.12. Proceso - Dinámicas del juego

El juego puede tener distintos niveles de dificultad. Inicialmente se empezará en el nivel básico pudiendo el alumno cambiar la dificultad siempre que lo desee desde el menú principal. Además, el juego sugerirá subir de nivel o bajar en función de la racha de partidas exitosas, permitiendo que sea el alumno quien decida si aceptar el cambio de nivel o rechazarlo. Esto permitirá hacer que el juego se ajuste al alumno concreto evitando que sea muy frustrante por ser muy complicado, o muy aburrido por ser demasiado sencillo. Además, para fomentar que el alumno busque superarse a sí mismo, habrá insignias que solo podrán ser obtenidas en algunos de estos niveles de dificultad. Estos niveles son:

- **Fácil:** Durante la partida el jugador podrá ver la palabra objetivo asociada al pictograma, además al seleccionar una tarjeta se remarcarán las casillas en las que se puede colocar atendiendo a las reglas del juego. La puntuación que se obtenga al poner una pieza siempre será positiva y mayor que cero.
- **Medio:** Durante la partida el jugador podrá solicitar ver la palabra objetivo asociada al pictograma un número determinado de veces pero ya no contará con la ayuda de las casillas

válidas al seleccionar una tarjeta. La puntuación que se obtenga al poner una pieza siempre será positiva o cero.

- **Difícil:** Durante la partida el jugador no contará con ningún tipo de ayuda. La puntuación que se obtenga al poner una pieza podrá ser positiva, cero e incluso negativa.

4.2.13. Proceso - Historia del juego

El trasfondo de la historia del juego gira entorno al país de las letras y a un villano que quiere destruirlo. No obstante no todo está perdido ya que el capitán *WordBot* que guía al jugador luchará para impedirlo.

Para la primera fase de este prototipo, las acciones del usuario no afectan a la historia del juego. La parte de historia que se incluye en esta primera fase es una decoración de los textos necesarios para guiar al usuario en el uso del juego. De esta manera si el alumno gana la partida se podrá mostrar una secuencia en la que los personajes *WordBot* (bueno) y *CrazyBot* (malo), mantienen una rápida conversación que acabe con *CrazyBot* huyendo y *WordBot* felicitando al alumno, en caso de victoria, o con un mensaje de esperanza para el alumno en caso de derrota.

4.2.14. Proceso - *Storytelling*

Se ha tomado la decisión de que la historia no sea interactiva, es decir, que está predefinida y es la misma para todos los jugadores.

Serán los propios personajes del juego los que cuenten las historias mediante texto e imágenes.

4.2.15. Proceso - Narrativas

Dentro de las narrativas se va a incluir tanto lo referente a la historia como lo referente a ayudas, explicaciones y *feedback*.

En cuanto a la historia, habrá textos e imágenes que cuenten cómo el villano pretende destruir el país de las letras y la respuesta del personaje bueno (protagonista). Estos textos serán fijos y secuenciales, es decir, el jugador solo podrá darle a siguiente y la historia siempre será la misma y en el mismo orden independientemente del jugador.

Tras estas secuencias, el protagonista también hablará con el jugador mediante el uso de textos secuenciales y estáticos terminando con un texto que motive al jugador a involucrarse en la historia y que requiera de la interacción por parte de éste para continuar.

Cuando el jugador solicite algún tipo de ayuda durante la partida, el protagonista será el encargado de dársela, envolviéndola con textos dentro de la historia.

En el menú principal habrá un botón para el tutorial del juego. Será el protagonista quien explique con imágenes y textos estáticos y secuenciales las instrucciones y reglas del juego.

Al finalizar una partida el jugador recibirá *feedback* que muestre su desempeño durante la partida e información de mejora con respecto a partidas anteriores si las hubiera. También será el protagonista quien dará esta información.

4.2.16. Proceso - Personajes

WordBot (Figura 4.4). Este es el personaje que acompañará al alumno durante toda su experiencia de juego. Es el capitán del ejército del país de las letras y será el encargado de dirigir al comandante (el alumno), y de evaluarlo después de cada actividad (mostrando el desempeño).

CrazyBot (Figura 4.5). Es el villano de la historia que quiere acabar con el país de las letras. En el modo historia raptará letras que el alumno deberá rescatar completando con éxito la partida.

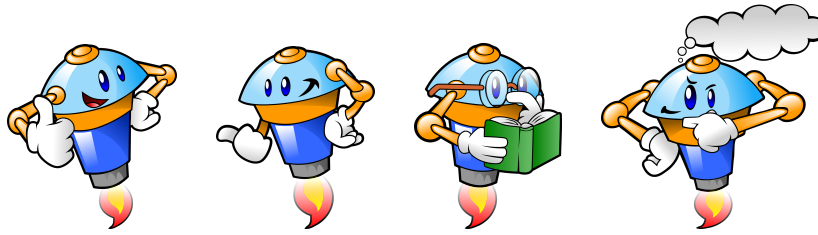


Figura 4.4: WordBot
(Diseñado por *OpenClipart-Vectors* Fuente: <https://pixabay.com/es/>)



Figura 4.5: CrazyBot
(Diseñado por *GraphicMama*. Fuente: <https://freepik.es>)

4.2.17. Proceso - Atributos del juego

Khowaja ha identificado una serie de atributos de juego que se encuentran alineados con las buenas prácticas docentes llevadas a cabo en la enseñanza tradicional. En este sentido, y con el objetivo de que el juego desarrollado sea una herramienta educativa efectiva, durante el diseño se han revisado los atributos identificados y se han seleccionado para fomentar en el juego aquellos que son de especial relevancia para el contexto, contenidos y resultados educativos que se han intentado abordar con *CrazyWords*. Más concretamente, se han tenido en cuenta los siguientes atributos³:

- **Controles de usuario.**

El jugador podrá elegir en que tipo de partida quiere jugar y dentro de esta que letra desea mover haciendo uso del ratón.

- **Feedback.**

Es necesario informar al alumno del resultado de sus acciones y los resultados obtenidos, y también garantizar que comprende la actividad y sus objetivos.

- **Ayuda y soporte.**

El jugador tendrá disponible en el menú principal un apartado con el tutorial del juego. En los niveles fácil y medio el alumno dispondrá de pistas durante el juego.

- **Repaso.**

El menú principal contará con un botón para seleccionar el modo de juego de repaso en el que podrá jugar de forma normal para alcanzar las palabras objetivo que ha ido aprendiendo durante el juego.

- **Fantasia y personajes.**

El juego va a girar entorno a la historia del país de las letras con dos personajes robot. Se trata de un mínimo toque de fantasía que hace que el juego resulte mucho más atractivo para el alumno.

- **Reglas y objetivos.**

³Extraídos del apéndice C de la tesis de Khowaja [Khowaja, 2017]

Habrá un motor de reglas que limite las acciones del jugador así como las posibles acciones disponibles en función del nivel y número de palabras aprendidas. Además, para ganar la partida será necesario completar el objetivo de formar la palabra que se pide.

- **Desafío, adaptación y recompensas.**

Existirán tres niveles de dificultad lo que hará el juego más entretenido y costoso. La dificultad será controlada por el alumno y el juego le sugerirá aumentarla o disminuirla en función de su desempeño, adaptándose así a sus necesidades. Además, habrá tareas que completar jugado varias partidas en los diferentes niveles para obtener la recompensa, de manera que al jugador le suponga un reto conseguir todas esas recompensas, fomentando a su vez la diversión y el interés por el juego.

- **Seguridad.**

El juego será un entorno seguro sin efectos graves fuera del juego en caso de no alcanzar los objetivos, lo que ayudará al alumno a asociar las consecuencias de sus acciones sin riesgos de ningún tipo.

- **Evaluación y progreso.**

Se mostrará al alumno su desempeño durante la partida en base a un sistema de puntuaciones. Esta puntuación se podrá ver en comparación con las obtenidas en partidas anteriores, de manera que el alumno pueda comprobar si está progresando adecuadamente.

- **Práctica y ejercicios.**

El menú principal contará con un botón que lleve al modo de juego de práctica o modo libre. En este modo el jugador podrá aprender palabras de forma autónoma eligiendo una de las categorías que estén disponibles.

- **Aprendizaje incremental.**

El alumno irá aprendiendo el vocabulario poco a poco añadiendo cada palabra nueva que este aprenda en el juego a su diccionario personal. Las palabras de este diccionario serán las que se utilizarán en el modo de juego de repaso.

- **Periodo de atención.**

El juego medirá el tiempo de respuesta del usuario y cuando considere que lleva demasiado tiempo sin interactuar con el sistema le mostrará una alerta para captar su atención, el alumno deberá interactuar con dicha alerta y seguir jugando.

- **Motivación y sentimientos positivos.**

El *feedback* que se dará al alumno será siempre positivo incluso en los casos en que haya perdido. Esto refuerza psicológicamente al alumno y le motiva a seguir mejorando.

4.2.18. Salida - Perfil del usuario

Cada usuario tendrá su propio perfil que rellenarán inicialmente con un nombre o apodo, de manera que cuando el alumno ingrese el código de una clase, permita al profesor identificar al alumno y realizar el debido seguimiento de este.

Adicionalmente, el perfil del usuario se irá rellenando con datos estadísticos que reflejen el progreso del alumno durante las diferentes partidas, tales como, número de partidas jugadas, ganadas y perdidas, número de palabras aprendidas, tiempo medio por partida, puntos totales conseguidos, etc. Toda esta información se saca a partir de las trazas obtenidas durante el desarrollo de la partida.

En el perfil del usuario también se registrarán los logros que se describen en el siguiente apartado, aportando así información adicional que pueda ser de utilidad para la evaluación de la efectividad del método.

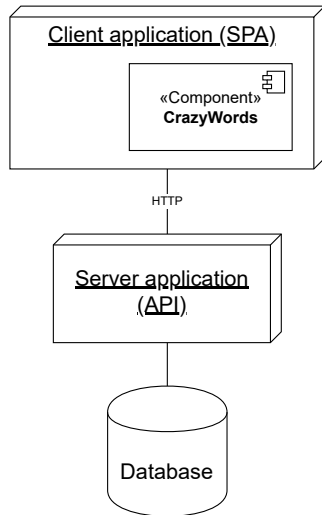


Figura 4.6: Arquitectura del sistema con el juego embebido en el cliente web.

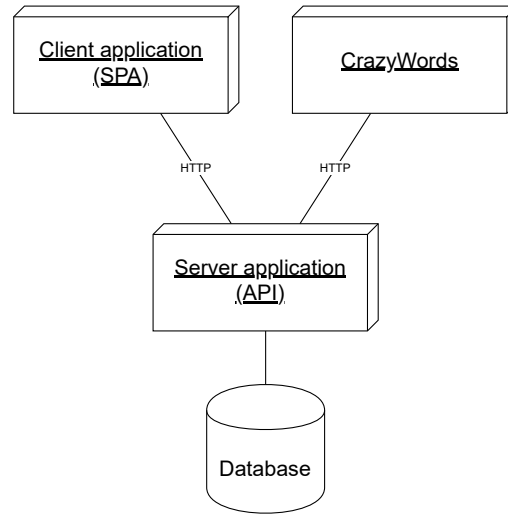


Figura 4.7: Arquitectura del sistema con el juego externo al cliente web.

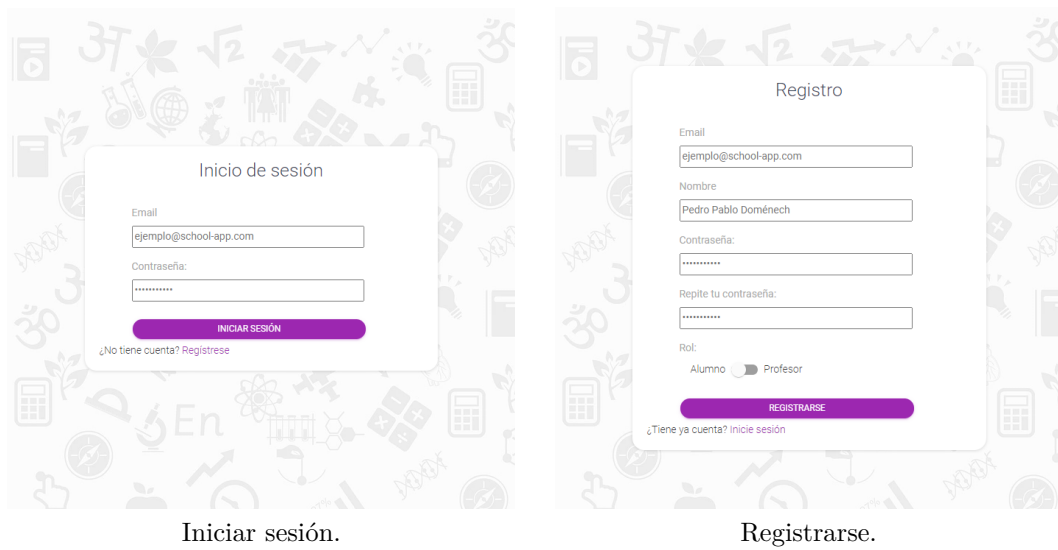
4.2.19. Salida - Logros del usuario

Para fomentar la motivación, la competición y enganchar al alumno para que siga jugando y aprendiendo, se ha diseñado un sistema de logros y recompensas. Estos logros pueden ser muy variados. Unos ejemplos son:

- Juega 10/50/100 veces en modo historia/libre/repaso.
- Juega 10/50/100 veces en total.
- Gana 5/25/50 partidas en el modo historia/libre/repaso.
- Gana 25/50/100 partidas en total.
- Consigue 1000/5000/10000 puntos en total en el modo historia/libre/repaso.
- Consigue 5000/25000/50000 puntos en total.
- Gana 5/25/50 partidas en menos de 6/4/2 minutos en el modo historia/libre/repaso.
- Consigue un total de 30/60/120 minutos jugados en el modo historia/libre/repaso.
- Consigue un total de 60/120/360 minutos jugados en total.
- Añade 5/10/20 a tu diccionario personal.
- Añade todas las palabras disponibles a tu diccionario personal.

4.3. Desarrollo del prototipo de herramienta

La componente práctica de este trabajo de fin de máster se centra en el desarrollo del juego serio *CrazyWords* que se ha introducido previamente y de una plataforma de gestión *SchoolGame* que será utilizada principalmente por los profesores para poder preparar y personalizar la experiencia educativa de sus alumnos a través de *CrazyWords*, y por los alumnos para hacer uso del juego. La plataforma de gestión cuenta con una base de datos, una aplicación servidor y una aplicación cliente. Para mejorar la usabilidad, la aplicación cliente es responsive, de manera que si el alumno deseara jugar desde un móvil o tablet podría hacerlo perfectamente, aunque es preferible hacerlo desde un ordenador. Para jugar desde un dispositivo Android sería preferible hacer uso de la aplicación nativa de Android. En el diagrama de despliegue que se muestra en la figura 4.6 puede verse esta estructura.



Iniciar sesión.

Registrarse.

Figura 4.8: Acceso a la aplicación.

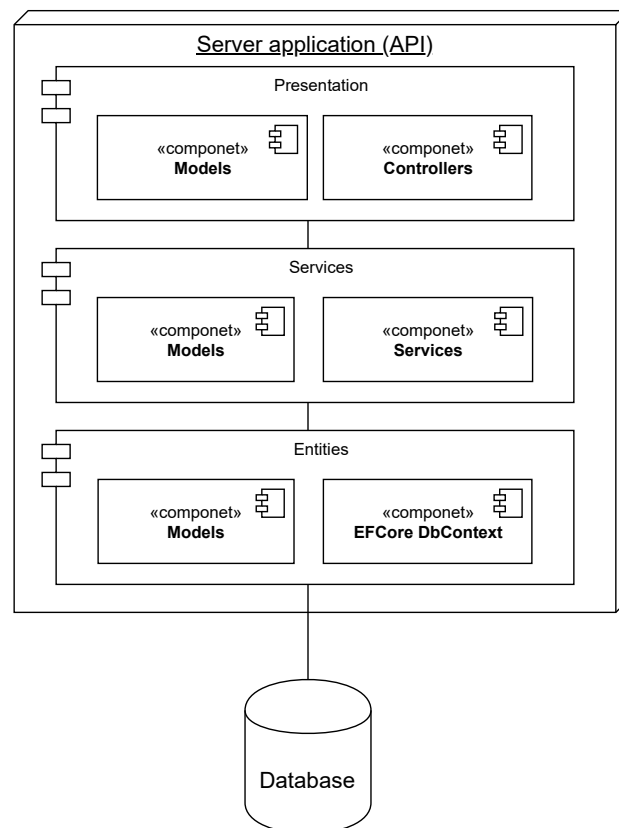


Figura 4.9: Arquitectura de capas del API.

El código tanto del juego serio como de las aplicaciones cliente y servidor de la plataforma de gestión, están bajo licencia MIT puesto que la finalidad es poder ayudar al mayor número de alumnos con TEA y de esta manera se facilita su reutilización por parte de cualquier organismo que desee continuar con el desarrollo. El código se encuentra disponible en los siguientes enlaces de GitLab:

- **Juego serio *CrazyWords***: <https://gitlab.com/ppdomenecha/crazywords>
- **Servidor *SchoolGame***: <https://gitlab.com/ppdomenecha/school-game-api>
- **Cliente *SchoolGame***: <https://gitlab.com/ppdomenecha/school-game-app>

Nótese que, aunque el juego está embebido en el cliente web, ha sido desarrollado y funciona de manera independiente (ver figura 4.7). Inicialmente, por la limitación temporal, el juego ha sido desarrollado como un juego web, pero al utilizarse la plataforma *Unity* como base, se facilita que en el futuro pueda convertirse el juego en una aplicación nativa para dispositivos móviles, teniendo seguramente que ajustar solo algunos aspectos gráficos. Aunque *Unity* ofrezca esa flexibilidad, es necesario que no se incluyan dependencias entre el cliente web y el juego, puesto que exportando el juego a Android ya no se dispondría de dicho cliente web. Por eso, el único mecanismo de comunicación entre el cliente web y el juego se realiza al iniciarse el juego, antes de haberse cargado el menú principal, donde el cliente web transmite al juego los datos del usuario de manera que no sea necesario volver a realizar el login. En caso de ejecutar el juego de manera aislada en la aplicación nativa de Android, se muestra una pantalla inicial para realizar el inicio de sesión.

En la plataforma de gestión será necesario registrarse e iniciar sesión como profesor o como alumno para poder hacer uso de las diferentes funcionalidades. Estas acciones se realizan desde los formularios que se muestran en la figura 4.8. Ya que se trata de un prototipo, es posible crear cuentas de ambos tipos sin ningún tipo de restricción, a futuro se podría plantear restringir de algún modo la creación de cuentas de tipo profesor. El registro como alumno debe de ser siempre libre, ya que no es necesaria la existencia de un profesor para que este pueda hacer uso de la aplicación y beneficiarse de ella. Cabe destacar que aunque para el funcionamiento de la aplicación no es necesaria la intervención del profesor, sí lo es para explotar todo el potencial y hacer que el método resulte lo más efectivo posible.

El componente del cliente web ha sido desarrollado utilizando el *framework Angular* en su versión 10, usando como base una plantilla gratuita de *Creative Tim*⁴. Este cliente se comunica con el servidor mediante el protocolo *HTTP*.

El servidor ha sido desarrollado sobre la plataforma *ASP.NET Core* en su versión versión 3.1 exponiendo una API para realizar las operaciones CRUD (“Create, Read, Update, Delete”) típicas sobre los recursos. Además, utiliza *Entity Framework Core* como ORM (“Object Relational Mapping”) para simplificar la interacción con la base de datos al ligar directamente las clases *C#* con su tabla correspondiente y ofrecer, junto con LINQ⁵, métodos para realizar consultas sin necesidad de escribirlas manualmente. Utiliza una arquitectura de 3 capas habitual en el desarrollo del software [Alur et al., 2003, Manuel and AlGhamdi, 2003, Microsoft, 2020] tal y como se puede apreciar en la figura 4.9, donde la capa más alta es la de presentación la cual recibe datos de fuera y los transforma y distribuye a los servicios de la siguiente capa, luego recoge la respuesta de estos servicios y la convierte de nuevo para enviarla de vuelta hacia el cliente. La segunda capa sería la capa de servicios, donde se encuentra toda la lógica de negocio. Y por último, la capa de datos, encargada de crear, editar, eliminar y consultar los datos que la capa de servicio solicite, haciendo uso de *Entity Framework Core (EFCore)* para conectarse a la base de datos en *SQL Server*.

Aunque no se realizará una análisis exhaustivo de la estructura completa de la aplicación, a modo de ejemplo se analizará la implementación de una de las funcionalidades dentro de la aplicación. Entrando en detalle dentro de cada capa el flujo normal de información es el que se muestra en el diagrama de la figura 4.10, la cual muestra el ejemplo concreto de la creación, lectura, actualización

⁴<https://www.creative-tim.com/product/material-dashboard-angular2>

⁵LINQ es un lenguaje de consultas que abstraer al programador del formato de los datos y su lenguaje propio de consulta como por ejemplo SQL o XQuery, desligando así el código desarrollado de la infraestructura de almacenamiento de datos.

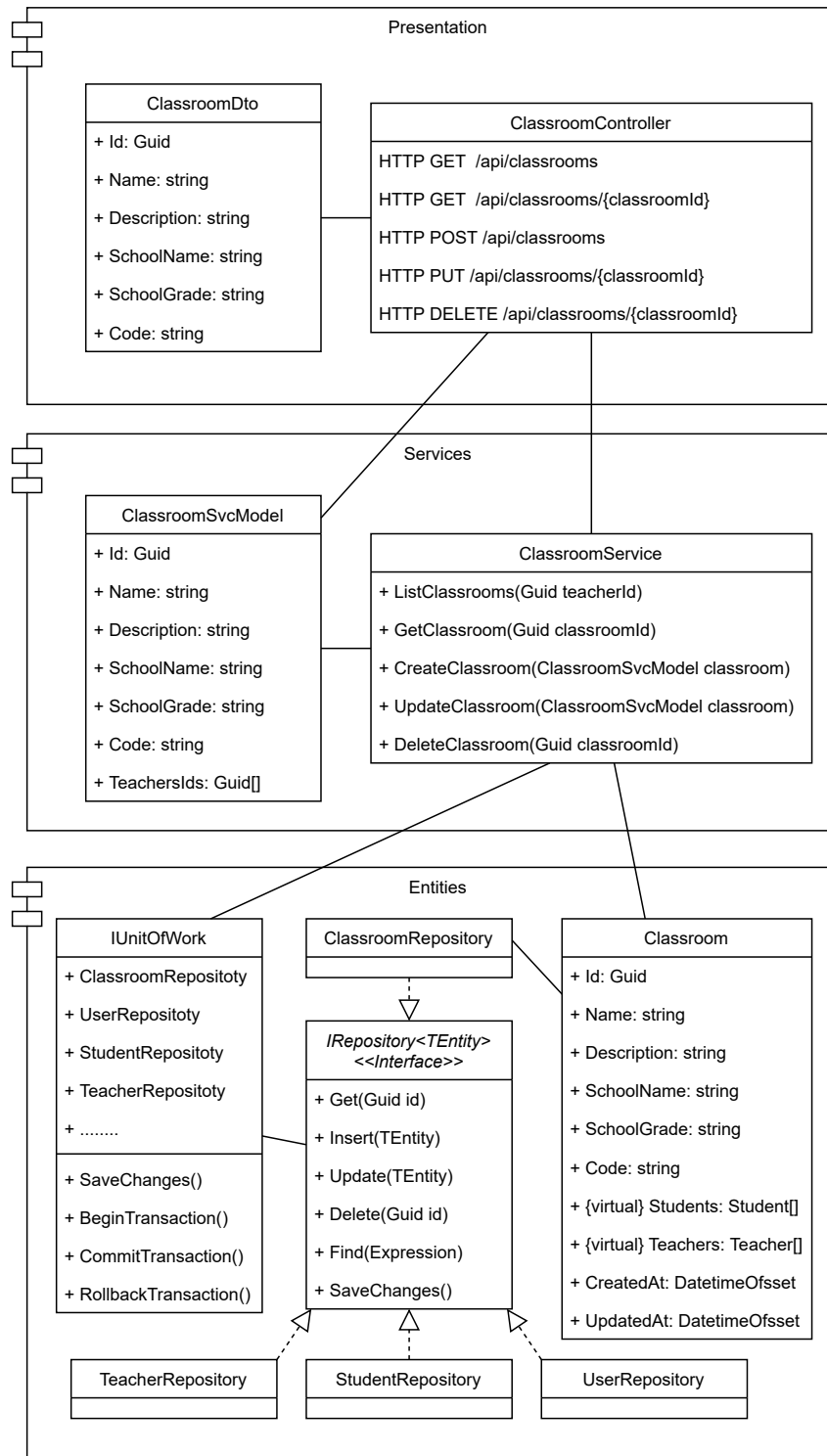
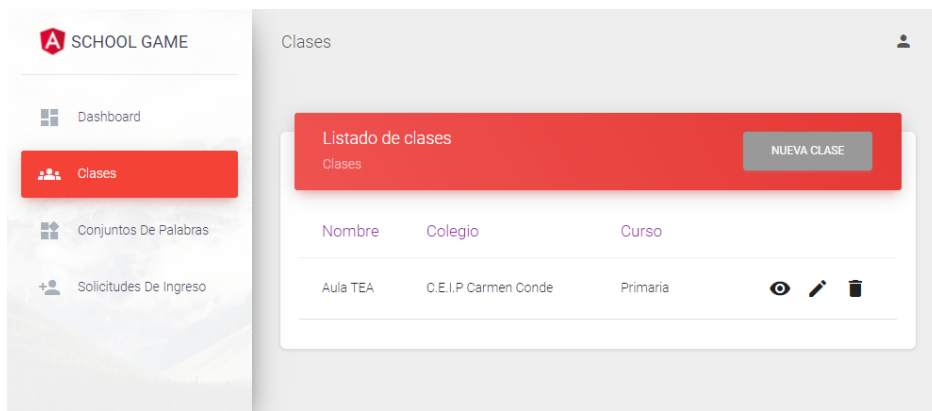
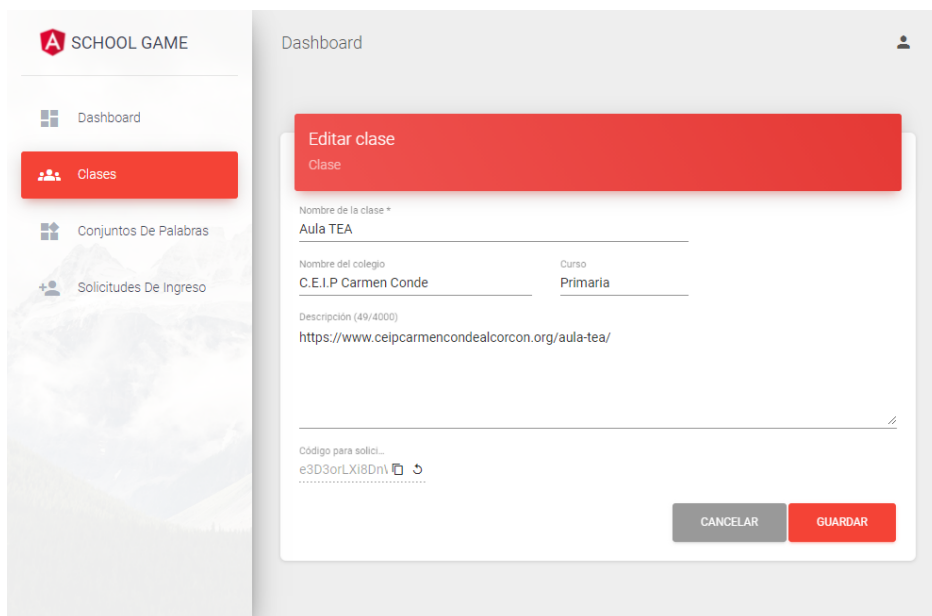


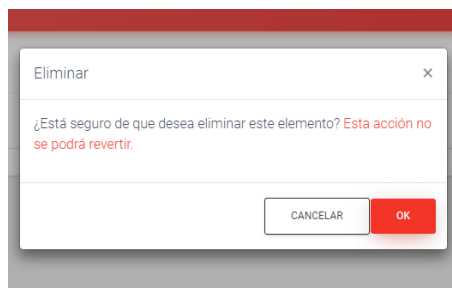
Figura 4.10: Diagramas de clases por capas.



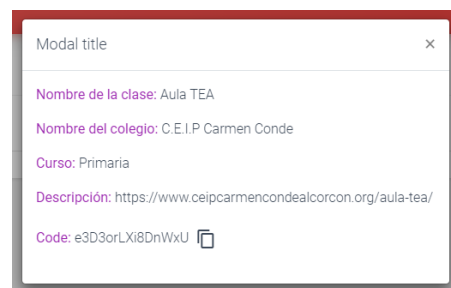
Listado de clases.



Formulario de la clase.



Borrar clase.



Información de la clase.

Figura 4.11: Gestión de clases.

y borrado de clases por parte del profesor. Como se puede observar, a través del cliente web, el profesor realiza una de las peticiones *HTTP* que expone el controlador de la capa de presentación, donde los verbos *POST* y *PUT* reciben el modelo de entrada *ClassroomDto*. Este controlador convierte el modelo recibido al modelo *ClassroomSvcModel* expuesto por la siguiente capa, la capa de servicios, para inmediatamente llamar al método del servicio que corresponda en cada caso. El servicio a su vez en caso de ser necesario transforma dicho modelo de entrada el expuesto por la capa de entidades y haciendo uso de los patrones de diseño *Unit of Work* y *Repository* junto con *EFCore* consulta a la base de datos de la forma en que proceda. Al finalizar el último proceso se responde a la capa de servicio la cual transformará la respuesta en caso de ser necesario a los modelos de su propia capa para transmitirlos de nuevo a la capa de presentación, que a su vez hará lo mismo antes de enviar la respuesta *HTTP* que corresponda.

Como ya es ha mencionado, el juego se ha desarrollado utilizando la plataforma de desarrollo de videojuegos *Unity*, ya que esta facilita en gran medida todas las tareas de desarrollo gracias a su potente motor e interfaz gráfica y está pensada para el desarrollo multiplataforma, de manera que resulta bastante sencillo generar una compilación para PC, Android, iOS e incluso Web. Además existe gran cantidad de documentación al alcance y en la actualidad esta plataforma se ha llegado a convertir en el estándar *de-facto* para el desarrollo de juegos.

4.3.1. Profesor - Plataforma de gestión

Una vez un profesor se ha conectado, el profesor podrá acceder a través del menú lateral a las principales acciones que puede realizar en la aplicación: crear clases para que los alumnos soliciten formar parte de ellas (ver figura 4.11), gestionar dichas solicitudes, y crear y asignar conjuntos de palabras a estos alumnos para que puedan utilizarlas durante el juego.

Las clases creadas contarán con un código que los alumnos deberá introducir para solicitar unirse. Queda en manos del profesor la manera de transmitir ese código a sus alumnos o a los responsables de estos. Una vez el alumno solicite unirse, el profesor deberá aceptar o rechazar esta solicitud. De esta manera se evita que personas desconocidas formen parte de la clase y perjudiquen la gestión por parte del profesor.

Como se ha mencionado en el apartado de diseño, los profesores pueden crear nuevos conjuntos de palabras con el objetivo de personalizar la experiencia educativa de los alumnos. Durante el proceso de creación, además de incluir la palabra el profesor deberá seleccionar pictogramas de *ARASAAC* relacionados con la palabra que corresponda. Una vez creado un conjunto de palabras el profesor podrá asignar dicho conjunto de palabras a un alumno dentro de la plataforma (ver 4.12).

Como se puede comprobar, la figura del educador es necesaria en todo momento para que el método pueda llegar a tener éxito. Por este motivo es necesario poner a su disposición un apartado donde pueda visualizar el desempeño de cada alumno. De esta manera, el profesor será capaz de realizar el debido seguimiento del progreso del alumno para poder adaptar los recursos a las necesidades de este, reforzar aquellos aspectos donde pueda haber carencias e incluso premiar al alumno por su buen progreso. En la figura 4.13 puede verse una pantalla donde se muestran algunos datos interesantes.

Gracias a que se recogen trazas de todas las acciones del alumno durante la partida podría llegar a mostrarse en el futuro gran cantidad de información, incluida una visualización de la propia partida.

4.3.2. Alumno - Plataforma de gestión

Cualquier persona se puede registrar como un alumno y utilizar el juego. Aunque la experiencia es más rica cuando se utiliza en el contexto de una clase y con el seguimiento de un profesor. Los usuarios registrados como alumnos, pueden acceder a un conjunto de palabras de ejemplo predefinidos y además acceder a los conjuntos de palabras que el profesor de su clase le haya asignado. Esta decisión se ha tomado para que aquellas personas que no cuentan con un profesor,

Editar conjunto de palabras

Conjunto

Nombre del conjunto de palabras *
Prueba desde la SPA

+ AÑADIR PALABRA

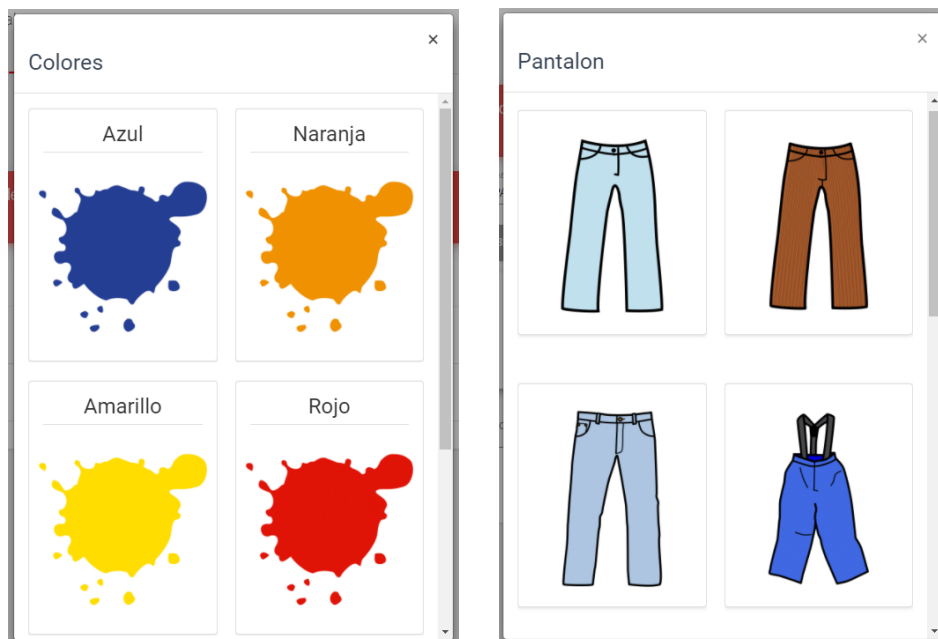
Nombre *
Pantalon
Buscar imagen Q

Nombre *
Camiseta
Buscar imagen Q

Alumnos asignados:
Student 1 X asignar alumnos

CANCELAR GUARDAR

Formulario de conjuntos de palabras.



Ver palabras del conjunto.

Buscador de pictogramas.

Figura 4.12: Gestión de conjuntos de palabras.

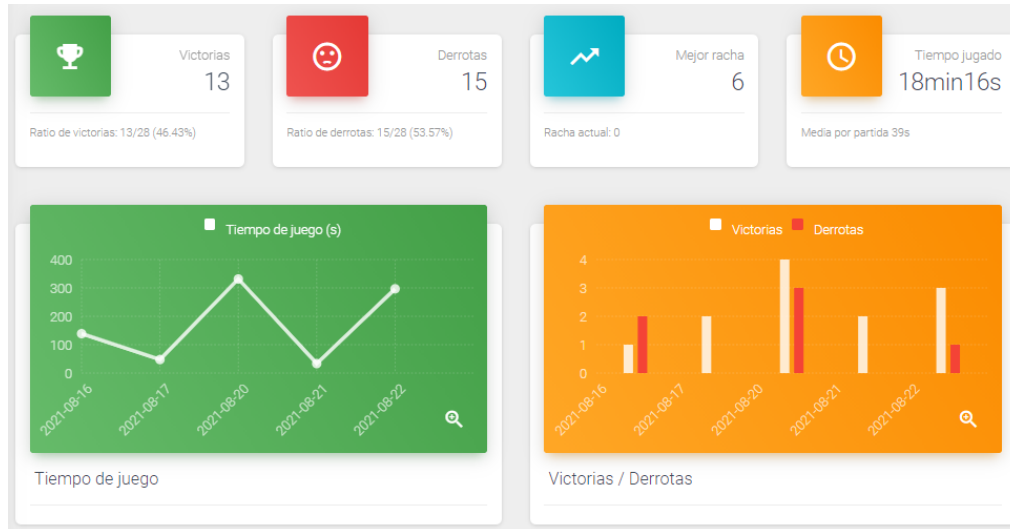


Figura 4.13: Estadísticas del alumno o perfil de usuario.

puedan aprovecharse en parte de los beneficios que aporta el uso de este sistema, por ejemplo, como actividad en el ámbito familiar.

Los alumnos o responsables de estos podrán acceder al resumen de su propia actividad y progreso a través del panel principal. Esta vista mostrará la misma información que se le muestra al profesor para realizar el seguimiento del alumno. De esta manera, los responsables de estos alumnos podrán realizar a su vez el mismo seguimiento y tomar las decisiones que consideren necesarias para ayudar al niño.

En el menú lateral, cuentan con la opción de unirse a una única clase, haciendo uso del código que el profesor previamente les ha proporcionado⁶ y añadiendo un mensaje para que el profesor pueda identificar quién está solicitando acceso a la clase. Desde ese momento, el profesor podrá aceptar o rechazar esta solicitud.

En este mismo menú se encontrará también el enlace al juego integrado dentro de la plataforma. Tras acceder a dicho enlace la web cliente instanciará el juego y le enviará un mensaje con las credenciales del usuario para que este no tenga que volver a iniciar sesión dentro del juego.

4.3.3. Alumno - *Crazy Words*

El grueso del proyecto se encuentra en el juego de *Crazy Words*. Como ya se ha mencionado, se trata de un juego en el que el alumno deberá formar la palabra representada por un pictograma mediante el desplazamiento de tarjetas con letras. A continuación, se detallarán algunos aspectos de implementación específicos respecto del diseño descrito en la sección anterior.

Como se ha analizado en los apartados 3.2.1 y 4.2.1, los alumnos con TEA presentan una comprensión rígida del significado de las palabras, falta de vocabulario y una ausencia de reacción frente a los métodos del profesor. Para intentar minimizar estos problemas, los pictogramas pueden utilizarse como mecanismo para que el alumno comprenda desde el principio el significado de la palabra buscada y, que tras encontrar su representación escrita, se traducirá en un aumento del vocabulario del alumno mediante la asociación directa entre palabra y significado. Además, al no estar presente el profesor durante el juego, se rompe esa barrera que retrasa el aprendizaje del alumno a causa de la pasividad frente a los métodos del profesor.

Aunque el juego dispone de algunos conjuntos de palabras creados por defecto, el vocabulario que el alumno pueda llegar a aprender depende en gran medida del trabajo del profesor por generar

⁶Proporcionar el código a los alumnos es responsabilidad del profesor y podrá elegir el método que crea conveniente, bien sea por correo electrónico a los responsables o por escrito en una nota a los mismos.

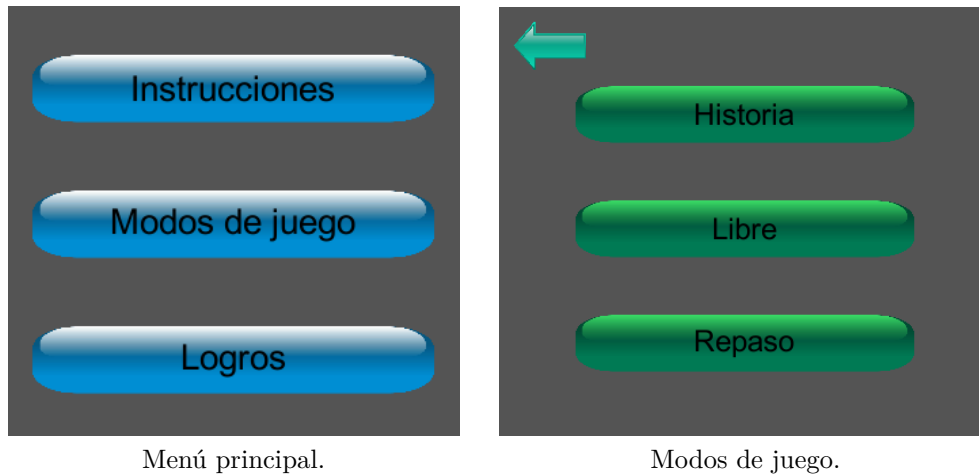


Figura 4.14: Menús.

conjuntos de palabras propios, y apropiados al momento educativo en que se encuentra el alumno concreto. Con los conjuntos adecuados se puede conseguir, por ejemplo, que el alumno aprenda a diferenciar los distintos colores y a asociarlos todos dentro de la categoría de colores, o a relacionar ciertas emociones con la palabra que corresponda para nombrarlas y con el gesto típico que las representa en la comunicación no verbal.

El conocimiento normalmente no se adquiere de una vez y para siempre, si no que hace falta repasarlo y ponerlo en práctica, por ello el juego cuenta con un modo de repaso donde poder jugar con las palabras anteriormente descubiertas.

Volviendo al ejemplo del conjunto de palabras de las emociones, si el alumno lograra aprender todas las palabras y asociarlas con su significado y su representación no verbal, repasando las veces que fueran necesarias, esto contribuiría muy favorablemente a la hora de que este se encuentre en un acto comunicativo en el que deba expresar sus sentimientos, o incluso comprender a través del lenguaje no verbal las emociones de sus compañeros del aula.

Se espera también que el alumno aprenda a tomar sus propias decisiones y asuma las consecuencias de sus actos. Para ello, durante el juego tendrá libre elección de movimientos siguiendo unas reglas básicas, permitiéndole así equivocarse al colocar una letra que retrasa el alcanzar el objetivo, y también por supuesto, permitiéndole priorizar la colocación de unas letras en favor de acciones futuras que le lleven a conseguir el objetivo antes. Además, en ningún momento se le obliga al alumno a jugar a ningún modo de juego, si no que este podrá elegir a qué jugar y cuándo.

La interfaz gráfica implementada está acorde con las modalidades descritas anteriormente en la sección del diseño, y a las necesidades concretas de este tipo de alumnos. El menú que se muestra en la figura 4.14 es básico y fácil de utilizar, sin detalles que distraigan al alumno y con palabras sencillas.

Los logros a su vez son fáciles de entender y para facilitar la lectura del progreso, cada logro cuenta con tres maneras distintas de leerse, la primera de ellas indica el valor actual del progreso y el valor máximo; la segunda es una imagen de una batería rellena en función del progreso pasando del color rojo que indica que falta mucho para alcanzar el logro, al color verde que indica que la tarea ha sido completada con éxito; y por último con un porcentaje de completitud. De esta manera se consigue que todos los alumnos lleguen a entender sin esfuerzo el progreso que llevan. En la figura 4.15 se puede ver el resultado.

Aunque en la fase de diseño se han expuesto gran variedad de ejemplos de logros, para el prototipo solo ha sido posible implementar algunos de ellos, no obstante, a futuro siempre será posible añadir nuevos logros, bien sean los restantes por implementar, u otros nuevos que hayan surgido tras un mayor análisis.



Figura 4.15: Logros.

El resultado final de los mensajes emergentes no ha variado con respecto a la fase de diseño por lo que no se incluirán imágenes en esta sección. Estos mensajes contienen textos breves, los cuales se ha intentado que sean igualmente de fácil comprensión sin palabras complejas, de manera que sirvan de ayuda para el juego y no entorpezcan el aprendizaje.

Por último con respecto a la interfaz gráfica y las interacciones durante el juego, el diseño final tampoco ha variado mucho salvo en la cabecera que se ha aprovechado mejor el espacio y simplificado al quitar la palabra objetivo y el icono de *CrazyBot* al lado del tiempo. La comunicación principal del alumno con el sistema durante el juego será mediante las acciones de pulsar, arrastrar y soltar.

Al final de cada partida, el personaje *WordBot* anuncia la puntuación alcanzada y la máxima puntuación obtenida hasta el momento, esto ayuda al alumno a ver si ha mejorado su rendimiento y en consecuencia a asociar las acciones realizadas durante la partida a un mayor progreso o por el contrario a un retraso, lo que a su vez se traduce en el desarrollo de nuevas estrategias que le empujen a superarse cada vez más.

Las dinámicas son una forma de hacer que el juego cambie y se adapte al progreso del alumno. Una de las dinámicas que se ha introducido en este prototipo es el cambio de nivel de dificultad. Según el progreso del alumno y teniendo en cuenta la racha de victorias y derrotas, el juego sugerirá automáticamente al alumno subir o bajar de nivel. El alumno será autónomo para decidir si quiere aceptar o rechazar ese cambio de nivel. Las consecuencias del cambio de nivel son la pérdida de las diferentes ayudas disponibles en el juego de forma progresiva hasta perderlas todas. Por ejemplo, en el nivel fácil se puede solicitar ver la palabra objetivo, mientras que en el nivel medio solo se podrá ver el número de letras que tiene dicha palabra.

Las trazas de la aplicación se guardan en la base de datos en formato *JSON*, siguiendo el estándar *xAPI*, con la finalidad de pueden ser analizadas posteriormente, bien por un agregador de trazas externo que soporte dicho formato, o por uno de desarrollo propio. Actualmente, las trazas se recogen solamente durante la partida, de manera que no se almacena información sobre la interacción con los menús y demás elementos de la aplicación. Para este prototipo, es información suficiente para valorar la efectividad del método.

Gracias a estas trazas recogidas durante el juego y a los logros definidos en la aplicación sería posible establecer perfiles de usuario con datos de interés, por ejemplo: el tiempo jugado, rachas de victorias, progreso, etc. Por la limitación temporal para desarrollar este trabajo, elaborar en profundidad el perfil de usuario escapa al alcance de este, por lo que de todo el potencial que se tiene

gracias a un buen diseño de la aplicación, tan solo se han implementado algunas agregaciones de trazas para obtener información como, número de victorias y derrotas por días, racha de victorias, tiempo medio de juego por partida, tiempo jugado cada día, etc. En cuanto al perfil estático del alumno, en este prototipo solamente se incluye el nombre de este para que el profesor pueda realizar el seguimiento oportuno.

De los atributos del juego especificados en el apartado 4.2.17, se puede afirmar que todos ellos han sido cubiertos, por ejemplo, dando *feedback* positivo al alumno y prestándole ayudas a través de los personajes, con los diferentes modos de juego que permiten el aprendizaje incremental y el repaso de las lecciones aprendidas, las sugerencias de cambio de nivel, los mensajes de inactividad para captar de nuevo la atención del alumno, etc.

Finalmente, tras comparar la propuesta y el diseño inicial con el desarrollo final, puede decirse que se ha seguido con bastante acierto y sin variaciones de alto impacto. Con esto finaliza el desarrollo de este proyecto, dejando abiertas varias vías para poder continuar trabajando, que se comentarán en el siguiente capítulo.

Capítulo 5

Conclusiones y trabajo futuro

En este capítulo se elaboran las conclusiones sacadas tras el desarrollo del proyecto y las líneas abiertas para poder seguir trabajando sobre este. Volviendo a los objetivos marcados en la sección 1.2 y al plan de trabajo de la sección 1.3, se puede afirmar que el objetivo principal de ayudar a las personas con TEA a superar las dificultades que presentan durante el aprendizaje de vocabulario, puede verse cumplido gracias a la fuerte fase de investigación y diseño que se muestra en el plan de trabajo. El uso del *framework* de Khowaja fusionado con las metodologías específicas para alumnos con TEA, han permitido el desarrollo de un entorno integrado para ayudar a los alumnos con TEA en su etapa de aprendizaje con una gran probabilidad de éxito.

Este entorno es un prototipo, por lo que se debe completar continuando el desarrollo añadiendo diferentes funcionalidades y sobre todo haciendo partícipes a expertos en TEA que validen el método y el sistema, a fin de perfeccionarlo para poder así cumplir verdaderamente con el objetivo principal que no es otro que ayudar a estos alumnos.

5.1. Conclusiones

Una vez finalizado el desarrollo de este proyecto con el alcance marcado y volviendo la vista atrás al marco teórico y al diseño de la aplicación, y comparando el resultado final con estos, puede llegarse a afirmar que se ha seguido con cierta exactitud el *framework* de Khowaja, creado específicamente para el diseño de juegos serios para niños con TEA, y más concretamente probado para el desarrollo de juegos serios enfocados al aprendizaje de vocabulario. Al haberse seguido las pautas marcadas por este *framework* se evitan en el resultado final muchos errores de diseño, que podrían haber tenido lugar en un producto desarrollado libremente sin estas pautas, ya que de esta forma han quedado cubiertas gran parte de las restricciones de diseño causadas por el TEA.

También, comparando el diseño con el prototipo final, se ve que se corresponden adecuadamente sin graves alteraciones, lo cual indica un buen trabajo en la fase de diseño. Es frecuente encontrarse proyectos que comienzan sin un diseño previo o con una mínima fase de análisis y que por lo general acaban siendo un fracaso o mucho menos productivos de lo que hubieran sido haciendo una buena inversión en la fase de diseño. Tras finalizar este proyecto se comprueba la importancia de invertir tiempo y esfuerzo en pararse a pensar, analizar y diseñar antes de comenzar a desarrollar, y más teniendo en cuenta el usuario final a quien va destinado el producto, alumnos con TEA que restringen mucho el diseño. Por tanto, gran parte del éxito del prototipo final se debe al buen trabajo realizado en la fase de diseño gracias a las pautas marcadas por el *framework* de Khowaja.

Además del *framework* de Khowaja, en el diseño se han tenido siempre en cuenta las metodologías específicas de aprendizaje para alumnos con TEA, teniendo como base ABA y tomado las

principales características del resto (TEACCH, PECS y DTT). Esto a su vez provoca una mayor probabilidad de éxito al utilizar métodos muy probados y efectivos.

Como es lógico, contando con los recursos necesarios tanto económicos como de personal especializado en la creación de imágenes y de narrativas, y de psicólogos y docentes expertos en TEA, entre otros, este proyecto podría alcanzar un alto grado de utilidad, al poder hacer uso de elementos gráficos más adecuados para los diferentes grados de TEA, y además poder probarse con alumnos reales. No obstante, se han seguido las líneas de diseño generales recomendadas por expertos al no incluir excesivo detalle en los gráficos y al hacer uso de los pictogramas de ARASAAC.

Por último, haciendo la comparativa con las aplicaciones que existen en el mercado actualmente, esta aplicación no tiene casi similares, encontrándose alguna disponible para iOS y siendo de pago, por lo que esta propuesta educativa puede alcanzar a un mayor número de personas al encontrarse en un entorno web con una versión para Android, y pudiendo compilar el juego de forma nativa para otros sistemas, y sobre todo al ser gratuita.

A continuación, se explicarán algunas de las posibles líneas de desarrollo abiertas para trabajos futuros.

5.2. Trabajo futuro

La limitación temporal para realizar este proyecto a dado lugar a diferentes elementos que se pueden desarrollar en futuros trabajos, ya sean de implementación, de despliegue o de puesta en práctica.

Como primera línea de trabajo, se encuentra la evaluación del prototipo por parte de un equipo de expertos. Se trata de presentar el juego a profesionales en el ámbito de la educación especial para niños con TEA, para que estos puedan probarlo, evaluarlo y contestar a una serie de preguntas. Posteriormente, con los datos obtenidos de estas evaluaciones, habría que perfilar aquellas características más prioritarias que se hayan detectado y realizar los cambios pertinentes tanto de diseño como de funcionalidad.

Aunque el prototipo ya cumple los requisitos mínimos para poder ser utilizado para una primera evaluación por expertos, quizás sería conveniente mejorar algunos aspectos antes de ello. El punto más importante a tratar debería ser la agregación de trazas y la presentación de los resultados obtenidos de una manera entendible para el usuario. De esta manera, los expertos no evaluarían solo el juego y la plataforma de gestión, sino también la utilidad de los datos recogidos para seguir el progreso real del alumno. Ya se agregan y muestran algunos de estos datos, pero convendría ampliar la cantidad de información extraída de ellos.

A continuación, se detallan una serie de funcionalidades que se han considerado útiles de añadir a futuro, teniendo en cuenta siempre la valoración de los expertos:

- **Perfil del usuario.**

Aunque ya se muestra cierta información al profesor acerca del progreso del alumno para que este realice el seguimiento adecuado, gracias a las trazas recogidas durante el transcurso de la partida, es posible ampliar dicha información con mayor cantidad de datos relevantes. Por ello, se debe realizar un análisis de los datos recogidos para después tratarlos y extraer la mayor cantidad de información que pueda ser de utilidad para el profesor.

- **Modo historia.**

Como se ha mencionado, por temas de tiempo no ha sido posible desarrollar el modo “historia”, ya que este requiere una inversión de trabajo muy grande en las narrativas. Este modo de juego debe definir una serie de niveles donde en cada uno, el alumno jugará una partida para encontrar una palabra. Estos niveles deberán ser estáticos incrementando poco a poco la dificultad de las palabras, empezando por un vocabulario nuclear básico para la Comu-

nicación Aumentativa y Alternativa (CAA), e incluso con partidas prefabricadas donde los tableros tengan un estado inicial concreto que haga más sencilla la tarea.

Es muy importante elaborar una historia y que con el paso de los niveles esta vaya evolucionando. Si se contara con los recursos suficientes, se podría hacer la historia con escenas de dibujos, siguiendo la línea de la serie de comics “Super things”¹ que tiene bastante éxito en estos alumnos. La historia ayuda al alumno haciendo más divertida y entretenida la tarea, lo que potencia el deseo de aprendizaje de este y le hace tomar voluntariamente un papel activo.

- **Actividades de autoevaluación.**

Otro elemento que puede incluirse a futuro puede ser el desarrollo de una serie de actividades o minijuegos que sirvan para evaluar los conocimientos del alumno. Algunos ejemplos podrían ser, emparejamientos de palabras con pictogramas, completar un texto eligiendo la palabra o una secuencia de pictogramas con el pictograma que corresponda. De esta manera podría valorarse tanto la asociación de la palabra con el pictograma correspondiente como con su significado en un contexto.

- **Tareas diarias.**

Muchas de las metodologías y especialmente TEACCH, recomiendan establecer una secuencia de tareas conocidas que el niño deba cumplir, para reducir la ansiedad que provocaría la incertidumbre de trabajar sin horarios ni tareas marcadas.

La idea para salvar este aspecto sería incluir aquí una especie de logros diarios, de manera que el alumno pueda todos los días tener un incentivo para aprender, y sepa siempre por donde puede empezar a practicar ese día.

- **Ranking.**

Para fomentar la competitividad y el afán de autosuperación, puede ser de gran utilidad crear un ranking de puntuaciones en el que los alumnos puedan compararse con otros alumnos de su propia clase e incluso de resto del mundo. Se puede realizar un ranking global y otros con divisiones temporales, por ejemplo, ranking semanal y diario los cuales van a variar con mucha mayor frecuencia que el global, y van a permitir al alumno situarse en las primeras posiciones en algunas ocasiones con mayor facilidad, motivándolo a seguir jugando y aprendiendo.

- **Mejorar sistema de puntuaciones.**

Ligado a la idea de implementar un ranking, debería ir una mejora del sistema de puntuaciones actual, realizando un análisis exhaustivo de qué acciones debería proporcionar o quitar puntos y en qué cantidades, de manera que exista un equilibrio que premie las buenas decisiones en su justa medida.

Por ejemplo, se podría establecer un sistema de puntuaciones inteligente que evalúe la calidad del movimiento realizado, otorgando una mayor puntuación en el caso de que este ayude de forma directa o indirecta a alcanzar el objetivo. La puntuación también podría variar en función del nivel de dificultad elegido.

- **Ayudas, sugerir movimiento.**

También ligado a la idea anterior de establecer un sistema de puntuaciones inteligentes, se podría establecer una IA básica similar a la necesaria en el caso anterior que sugiera el mejor movimiento posible al alumno cuando este solicite este tipo de ayuda. Se trata de un tipo de ayuda muy directa por lo que habría que valorar en qué niveles de dificultad debería incluirse, cuántas veces puede usarse por partida y qué penalización podría suponer su uso.

Este tipo de ayuda puede ser de especial utilidad sobre todo cuando el alumno hace uso de la aplicación de manera independiente, es decir, sin la presencia de un profesor o responsable

¹<https://www.superthings.com/es>

que le acompañe en ese momento concreto. Si se le presenta al alumno una situación en la que se bloquea y no sabe qué hacer, contar con esta ayuda puede desbloquearle y traerle de vuelta al juego. En situaciones normales el alumno estará acompañado y los habituales bloqueos pueden ser atajados por su profesor o responsable.

- **Revisar partidas pasadas.**

Es muy conveniente que para un mejor aprendizaje el alumno reflexione sobre las decisiones tomadas durante la partida y evalúe la calidad de estas. Por ello, una forma de promover esta reflexión es brindar al alumno la posibilidad de reproducir la partida deseada, bien de manera automática o bien a través de una serie de botones que permitan navegar entre los diferentes estados de la partida. Con un buen ejercicio de análisis el alumno será capaz de generar nuevas estrategias que le ayuden a mejorar.

Esta funcionalidad tiene un valor añadido, permitir que el profesor pueda reproducir las partidas de sus alumnos. Esto puede llegar a ser de gran utilidad puesto que el profesor podría analizar los comportamientos del alumno en busca de aspectos que reforzar o que premiar, y prestarle ayuda siempre que sea necesario.

- **Eventos especiales.**

Además de los tres modos de juego se puede incluir una serie de eventos especiales de tiempo limitado con partidas prefabricadas. Asociado a estos eventos se puede generar también una serie de insignias y logros únicos, a fin de empujar al alumno a que juegue y en consecuencia siga trabajando el vocabulario aprendido y adquiriendo más aún.

- **Textos y animaciones.**

Los textos actualmente se muestran en mensajes emergentes y son totalmente estáticos. Podría incluirse una animación para hacer aparecer el texto de una manera más fluida. Además, una funcionalidad útil que se debería añadir es la posibilidad de reproducir un audio que lea el texto e incluso una opción para poder leer la historia en forma de secuencias de pictogramas. De cualquier modo, conviene repasar las narrativas existentes para adaptarlas aún más al nivel de los alumnos y hacer que formen aún más parte de la historia.

Una vez realizadas algunas mejoras y previa aprobación por parte de un equipo de expertos, la siguiente fase del proyecto consistiría en probarlo con usuarios reales. Para ello habría que planificar sesiones y generar los *pretests* y *postests* adecuados. Tras estas pruebas, se analizarían los resultados y se realizarían los cambios necesarios para perfeccionar la aplicación.

La plataforma de gestión está abierta para poder incluir nuevos juegos, por lo que siempre podrían estudiarse otras carencias que tengan los alumnos con TEA y que puedan ser cubiertas por un juego serio, y diseñarlo y desarrollarlo para aumentar el potencial del sistema global, y poder ayudar así a este colectivo en todo lo que pueda necesitar durante su etapa de aprendizaje.

Por último, sería conveniente realizar guías de usuario tanto para profesores como para alumnos y responsables de estos, a fin de facilitar a estos la toma de contacto con el sistema y su correcta utilización. También, como se ha comentado el código de este proyecto es abierto y se encuentra disponible en GitLab bajo licencia MIT, por lo que para facilitar aún más la tarea a futuros desarrolladores, habría que crear la propia guía de desarrollo con los convenientes detalles técnicos.

Capítulo 6

Conclusions and future work

In this chapter, the conclusions drawn after the development of the project and the lines opened to continue working about it are elaborated. Going back to the objectives previously marked in the section 2.2 and to the work plan of the section 2.3 it can be stated that the main objective of helping people with ASD to overcome the difficulties that they present during the vocabulary learning, can be fulfilled thanks to the strong research and design stage that is shown in the work plan. The use of the Khowaja's framework joined with the specific methodologies for ASD students, have permitted the development of an integrated environment to help ASD students in their learning stage with a great probability of success.

This environment is a prototype, for that it is convenient to complete it continuing the development by adding different functionalities and overall involving ASD experts to validate the method and system, with the purpose to be able to truly fulfill with the main objective that it is no other than that help these students.

6.1. Conclusions

Once a time concluding the development of this project with the scope marked and looking back to the theoretical framework and the design of the application, and comparing the final result with these it, could be affirmed that it has been followed with a certain degree of accuracy the Khowaja's framework, created specifically for the design of serious games for children with ASD and more concretely proved for the development of serious games focused to the learning of vocabulary. By following the guidelines set by this framework, many design errors are avoided in the final result, which could have occurred in a freely developed product without these guidelines, since in this way many of the design restrictions caused by ASD have been covered.

As well, comparing with the final prototype, it is shown that they match without serious alterations, which indicates a good job in the design stage. It is frequent to find out projects that begin without a previous design or with a minimum analysis stage, those generally end being unsuccessful or less productive as they would be making a better investment in the design stage. After concluding this project, it is verified the importance of investing time and effort in thinking, analyzing and designing before starting to develop and especially taking into account the end user for whom the product is destined, students with ASD that restrict a lot the design. Therefore, much of the success of the final prototype is due to the good work done in the design phase, thanks to the guidelines set by the Khowaja's framework.

In addition to Khowaja's framework, in the design it has been taken into account the specific learning methodologies for students with ASD, taking as basis ABA and taking the main characteristics of the rest (TEACCH, PECS and DTT). This at the same time causes a greater probability of success using methods that are really tested and effective.

As it is understandable, taking for granted the resources necessities, not only economic but also of specialized personnel in the creation of images, narratives, of psychologies and expert teachers in ASD, among others, this project could afford a high degree of usefulness, as it can use the more adequate graphic elements for the different grades of ASD, and can also test it with real students. Nevertheless, it have been followed the general design guidelines recommended by experts by not including excessive details on graphics and by making use of ARASAAC pictograms.

Lastly, making comparison with the current applications existent in the market, this application has hardly similar, finding one available for iOS and for a fee, because of it this educative proposal can reach a largest number of people as it is find on web environment with a version for Android and being able to compile the game in a native form for other systems, and above all to be free.

Below, there are going to be explained the possible development open-lines for future work.

6.2. Future work

The temporary constraint to conduct this project have given rise to different elements that can be developed in future works, either of implementation, of deployment or put in practice.

As a first line of work, it is found the evaluation of the prototype by a team of experts. It concerns to present the game to professionals in the field of special education for children with ASD, for them to test it, evaluate it and answer some questions. Afterwards, with the information obtained from these evaluations, it should be convenient to define those imperative characteristics been detected and make the pertinent changes not only of design but also of functionality.

Even if the prototype fulfill the minimum requirements to be able for a first evaluation by the experts, it may be convenient to improve some aspects before that. The most important point to deal with should be the aggregation of traces and the presentation of the results obtained as a user-friendly way. At this way, the experts will not only evaluate just the game and the management platform but also the utility of the collected data to follow the real progress of the student. Some of these data are already aggregated and displayed, but the amount of information extracted from them should be expanded.

Below, some series of functionalities are explained in detail because they have been considered useful to add in the future, taking always into account the valuation of the experts.

- **User Profile.**

Although some information is already shown to the teacher about the progress of the student with the objective of monitoring correctly, thanks to the collection of traces during each round of the game, it is possible to increase this information with a great quantity of outstanding data. Therefore, it must be made an analysis of the collected data for then deal with them and extract the greatest quantity of information that could be useful for the teacher.

- **Story mode.**

As it has been mentioned, because of time it cannot be possible to develop the story mode, since it requires a great investment of work in the narratives. This game mode should define a series of levels where in each, the student will play a game round to find a word. These levels should be static increasing little by little the difficulty of the words, starting with basic core vocabulary for the Augmentative and Alternative Communication (AAC), and even with prefabricated rounds where the boards have a concrete initial state that makes the task easier.

It is very important to create a story that with the passage of the levels it evolves. If the resources were enough, it could be done a story with scenes of draws following the line of the comic book series called “Superthings”¹ that has quite good success in these students.

¹<https://www.superthings.com/es>

The story helps the student making the task enjoyable and entertaining, what enhance the learning desire of the student and makes him voluntary take an active role.

- **Self-assessment activities.**

Another element that can be included in the future may be the development of a series of activities or mini-games that serve to assess the student's knowledge. Some examples could be matching words with pictograms, completing a text by choosing the word or a sequence of pictograms with the corresponding pictogram. In this way, both the association of the word with the corresponding pictogram and its meaning in context could be assessed.

- **Daily tasks.**

Many of the methodologies, and especially TEACCH, recommend establishing a sequence of known tasks that the child must fulfill, to reduce the anxiety that would cause the uncertainty of working without schedules or marked tasks.

The idea to overcome this aspect would be to include here a kind of daily achievements, so that the student can have an incentive to learn every day, and always know from where he can start practicing that day.

- **Ranking.**

To encourage competitiveness and the desire for self-improvement, it can be very useful to create a ranking of scores in which students can compare themselves with other students from their own class and even from the rest of the world. It is possible to make a global ranking and others with temporal divisions, for example, weekly and daily rankings, which will vary much more frequently than the global ranking, and will allow the student to place himself in the first positions sometimes more easily, motivating him to continue playing and learning.

- **Improve the scoring system.**

Linked to the idea of implementing a ranking, there should be an improvement of the current scoring system, carrying out an exhaustive analysis of which actions should provide or take away scores and in what amounts, so that there is a balance that rewards good decisions in a fair measure.

For example, an intelligent scoring system could be established that evaluates the quality of the movement performed, awarding a higher score if it directly or indirectly helps to achieve the objective. The score could also vary depending on the level of difficulty selected.

- **Aids, suggest movement.**

Also linked to the previous idea of establishing an intelligent scoring system, it could be established a basic AI, similar to the one needed in the previous case, to suggest the best possible move to the student when he requests this type of help. This is a very direct type of help, so it would have to be analyzed in which difficulty levels it should be included, how many times it can be used per game, and which penalization its use could entail.

This type of help can be especially useful when the student uses the application independently, i.e., without the presence of a teacher or responsible accompanying him at that particular moment. If the student is confronted with a situation in which he is blocked and does not know what to do, having this help can unblock him and bring him back to the game. In normal situations the student will be accompanied and the usual blockages can be dealt with by the teacher or person in charge.

- **Review previous game rounds.**

It is very convenient that for a better learning process the student reflects on the decisions taken during the game round and evaluates the quality of these decisions. Therefore, one way to promote this reflection is to offer the student the possibility of watching the desired game round, either automatically or through a series of buttons that allow the student to

navigate between the different states of the game round. With a good analysis exercise the student will be able to generate new strategies that will help him to improve.

This functionality has an added value, allowing the teacher to reproduce the game rounds of their students. This can be very useful since the teacher could analyze the student's behavior in search of aspects to reinforce or reward, and provide help whenever necessary.

- **Special events.**

In addition to the three game modes, a series of time-limited special events with prefabricated rounds can be included. Associated with these events a series of unique badges and achievements can also be generated, in order to encourage the learner to play and consequently continue working on the vocabulary learned and acquiring even more.

- **Texts and animations.**

Texts are currently displayed in pop-up messages and are totally static. An animation could be included to make the text appear in a more fluid way. In addition, a useful feature that should be added is the possibility of playing an audio reading the text and even an option to read the story in the form of pictogram sequences. In any case, it is convenient to review the existing narratives to adapt them even more to the level of the learners and make them even more part of the story.

Once some improvements have been made and approved by a team of experts, the next phase of the project would be to test it with real users. To do this, sessions have to be planned and the appropriate pre-tests and post-tests would have to be generated. After these tests, the results should be analyzed and the necessary changes made to improve the application.

The management platform is open to include new games, so other needs of students with ASD that can be covered by a serious game could always be studied, designed and developed to increase the potential of the overall system, and thus be able to help this group in everything they may need during their learning stage.

Finally, it would be convenient to create user guides for both teachers and students and those responsible for them, in order to facilitate their first contact with the system and its correct use. Also, as mentioned above, the code of this project is open and is available in GitLab under MIT license, so to further facilitate the task to future developers, it would be necessary to create their own development guide with the appropriate technical details.

Bibliografía

- [Aguilera-Ruiz et al., 2017] Aguilera-Ruiz, C., Manzano-León, A., Martínez-Moreno, I., del Carmen Lozano-Segura, M., and Yanicelli, C. C. (2017). El modelo flipped classroom. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 4(1):261–266.
- [Alur et al., 2003] Alur, D., Crupi, J., Malks, D., Crupi, J., and Malks, D. (2003). *Core J2EE patterns : best practices and design strategies*. Core design series. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, 2nd ed. edition.
- [Asociación Americana de Psiquiatría, 2014] Asociación Americana de Psiquiatría (2014). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-5)*. Arlington, VA, Asociación Americana de Psiquiatría, 5ª edition.
- [Augustin et al., 2010] Augustin, T., Hockemeyer, C., Kickmeier-Rust, M. D., and Albert, D. (2010). Individualized skill assessment in digital learning games: Basic definitions and mathematical formalism. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4(2):138–148.
- [Avilés Gómez and Moya García, 2019] Avilés Gómez, G. and Moya García, S. (2019). TEA y TIC: Beneficios de la tecnología para el desarrollo del lenguaje en niños autistas. *Campus Educación Revista Digital Docente*, 14:39–43.
- [Azorín Abellán, 2018] Azorín Abellán, C. M. (2018). El método de aprendizaje cooperativo y su aplicación en las aulas. *Perfiles educativos*, 40(161):181–194.
- [Bondy and Frost, 1994] Bondy, A. S. and Frost, L. A. (1994). The picture exchange communication system. *Focus on autistic behavior*, 9(3):1–19.
- [Boonen et al., 2014] Boonen, H., Maljaars, J., Lambrechts, G., Zink, I., Van Leeuwen, K., and Noens, I. (2014). Behavior problems among school-aged children with autism spectrum disorder: Associations with children’s communication difficulties and parenting behaviors. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(6):716–725.
- [Chiang and Lin, 2007] Chiang, H.-M. and Lin, Y.-H. (2007). Reading comprehension instruction for students with autism spectrum disorders: A review of the literature. *Focus on Autism and other developmental disabilities*, 22(4):259–267.
- [Constantin et al., 2017] Constantin, A., Johnson, H., Smith, E., Lengyel, D., and Brosnan, M. (2017). Designing computer-based rewards with and for children with autism spectrum disorder and/or intellectual disability. *Computers in Human Behavior*, 75:404 – 414.
- [Cuvo, 2011] Cuvo, A. (2011). Applied behavior analysis. In Kreutzer, J. S., DeLuca, J., and Caplan, B., editors, *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology*, pages 230–235. Springer New York, New York, NY.
- [Delgado, 2019] Delgado, J. C. S. (2019). Juegos serios para la indagación de competencias tecnológicas que puedan integrarse en la práctica pedagógica del profesorado. una propuesta de aplicación en la sede del atlántico de la universidad de costa rica (ucr). *TE & ET: Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, page 13.

- [Hilvert et al., 2020] Hilvert, E., Davidson, D., and Gámez, P. B. (2020). Assessment of personal narrative writing in children with and without autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 69:101453.
- [Hollander et al., 2018] Hollander, E., Hagerman, R. J., Fein, D., and American Psychiatric Association (2018). *Autism spectrum disorders*. American Psychiatric Association Publishing.
- [Ismail et al., 2019] Ismail, N., Thammajinda, O.-A., and Thongpanya, U. (2019). Identifying game variables from students' surveys for prototyping game for learning. *International Journal of Educational and Pedagogical Sciences*, 13(5).
- [Khowaja, 2017] Khowaja, K. (2017). *A serious game design framework for vocabulary learning of children with autism*. PhD thesis, University of Malaya.
- [Khowaja et al., 2020a] Khowaja, K., Al-Thani, D., Hassan, A. O., Shah, A., and Salim, S. S. (2020a). Mobile augmented reality app for children with autism spectrum disorder (asd) to learn vocabulary (marvoc): From the requirement gathering to its initial evaluation. In *International Conference on Human-Computer Interaction*, pages 424–437. Springer.
- [Khowaja et al., 2018] Khowaja, K., Al-Thani, D., and Salim, S. S. (2018). Vocabulary learning of children with autism spectrum disorder (asd): From the development to an evaluation of serious game prototype. In *ECGBL 2018 12th European Conference on Game-Based Learning*, page 288. Academic Conferences and publishing limited.
- [Khowaja and Salim, 2013] Khowaja, K. and Salim, S. S. (2013). A systematic review of strategies and computer-based intervention (cbi) for reading comprehension of children with autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(9):1111–1121.
- [Khowaja and Salim, 2019] Khowaja, K. and Salim, S. S. (2019). Serious game for children with autism to learn vocabulary: An experimental evaluation. *International journal of human-computer interaction*, 35(1):1–26.
- [Khowaja and Salim, 2020] Khowaja, K. and Salim, S. S. (2020). A framework to design vocabulary-based serious games for children with autism spectrum disorder (asd). *Universal Access in the Information Society*, 19(4):739–781.
- [Khowaja et al., 2020b] Khowaja, K., Salim, S. S., Asemi, A., Ghulamani, S., and Shah, A. (2020b). A systematic review of modalities in computer-based interventions (cbis) for language comprehension and decoding skills of children with autism spectrum disorder (asd). *Universal Access in the Information Society*, 19(2):213–243.
- [Kühn, 2019] Kühn, F. D. (2019). *Juegos Serios y Analíticas de Aprendizaje: Implementación en el entorno educativo*. PhD thesis, Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ingeniería. Argentina.
- [Kuhn and Cahn, 2004] Kuhn, R. and Cahn, C. H. (2004). Eugen bleuler's concepts of psychopathology. *History of Psychiatry*, 15(3):361–366.
- [Kumar Basak et al., 2018] Kumar Basak, S., Wotto, M., and Belanger, P. (2018). E-learning, m-learning and d-learning: Conceptual definition and comparative analysis. *E-learning and Digital Media*, 15(4):191–216.
- [Lerman et al., 2016] Lerman, D. C., Valentino, A. L., and LeBlanc, L. A. (2016). Discrete trial training. In *Early intervention for young children with autism spectrum disorder*, pages 47–83. Springer.
- [Levin et al., 2015] Levin, A. R., Fox, N. A., Zeanah, C. H., and Nelson, C. A. (2015). Social communication difficulties and autism in previously institutionalized children. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 54(2):108–115.e1.
- [Löytömäki et al., 2020] Löytömäki, J., Ohtonen, P., Laakso, M.-L., and Huttunen, K. (2020). The role of linguistic and cognitive factors in emotion recognition difficulties in children with asd, adhd or dld. *International journal of language & communication disorders*, 55(2):231–242.

- [Manuel and AlGhamdi, 2003] Manuel, P. D. and AlGhamdi, J. (2003). A data-centric design for n-tier architecture. *Information Sciences*, 150(3):195–206. Internet Computing.
- [Mesibov et al., 2004] Mesibov, G., Shea, V., Schopler, E., Adams, L., Merkler, E., Burgess, S., Mosconi, M., Chapman, S., Tanner, C., and Bourgondien, M. (2004). *The Teacch Approach to Autism Spectrum Disorders*. Springer.
- [Mesibov and Shea, 2011] Mesibov, G. B. and Shea, V. (2011). Teacch. In Kreutzer, J. S., DeLuca, J., and Caplan, B., editors, *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology*, pages 2472–2477. Springer New York, New York, NY.
- [Microsoft, 2020] Microsoft (2020). Traditional N-Layer architecture applications. <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/modern-web-apps-azure/common-web-application-architectures#traditional-n-layer-architecture-applications>.
- [Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2015] Ministerio de Educación Cultura y Deporte (2015). Orden ecd/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. *Boletín Oficial del Estado n.º 25, del 29 de enero de 2015*, pages 6986–7003. Disponible: <https://www.boe.es/eli/es/o/2015/01/21/ecd65>.
- [Morales Bueno and Landa Fitzgerald, 2004] Morales Bueno, P. and Landa Fitzgerald, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13:145–157.
- [Muñoz-Repiso and Gómez-Pablos, 2017] Muñoz-Repiso, A. G.-V. and Gómez-Pablos, V. B. (2017). Aprendizaje basado en proyectos (abp): evaluación desde la perspectiva de alumnos de educación primaria. *Revista de Investigación Educativa*, 35(1):113–131.
- [Navarro, 2017] Navarro, C. P. B. (2017). En la frontera del entretenimiento y la educación: Juegos serios. *Revista Cedotic*, 2(2):30–46.
- [Nicolás, 2004] Nicolás, F. T. (2004). *Tecnologías de ayuda en personas con trastornos del espectro autista: Guía para docentes*. Pictografía, S.L.
- [Ortiz-Colón et al., 2018] Ortiz-Colón, A.-M., Jordán, J., and Agredal, M. (2018). Gamificación en educación: una panorámica sobre el estado de la cuestión. *Educação e Pesquisa*, 44.
- [Parra Pineda, 2003] Parra Pineda, D. M. (2003). *Manual de estrategias de enseñanza/aprendizaje*. SENA.
- [Pashkov, 2021] Pashkov, S. (2021). Video game industry market analysis: Approaches that resulted in industry success and high demand.
- [Perez-Colado et al., 2018] Perez-Colado, I., Alonso-Fernandez, C., Freire, M., Martinez-Ortiz, I., and Fernandez-Manjon, B. (2018). Game learning analytics is not informagic! In *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 1729–1737. IEEE.
- [Ploog et al., 2012] Ploog, B. O., Scharf, A., Nelson, D., and Brooks, P. J. (2012). Use of computer-assisted technologies (cat) to enhance social, communicative, and language development in children with autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*.
- [Ramdoss et al., 2011] Ramdoss, S., Mulloy, A., Lang, R., O’Reilly, M., Sigafoos, J., Lancioni, G., Didden, R., and El Zein, F. (2011). Use of computer-based interventions to improve literacy skills in students with autism spectrum disorders: A systematic review. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(4):1306–1318.
- [Randi et al., 2010] Randi, J., Newman, T., and Grigorenko, E. L. (2010). Teaching children with autism to read for meaning: Challenges and possibilities. *Journal of autism and developmental disorders*, 40(7):890–902.
- [Serrano Laguna, 2018] Serrano Laguna, Á. (2018). *Mejorando la evaluación de juegos serios mediante el uso de analíticas de aprendizaje*. PhD thesis, Universidad Complutense de Madrid.

- [Serrano-Laguna et al., 2017] Serrano-Laguna, Á., Martínez-Ortiz, I., Haag, J., Regan, D., Johnson, A., and Fernández-Manjón, B. (2017). Applying standards to systematize learning analytics in serious games. *Computer Standards & Interfaces*, 50:116–123.
- [Siwek, 2007] Siwek, S. E. (2007). Video games in the 21st century. *Entertainment Software Association*, 36(1):5–34.
- [Smith, 2001] Smith, T. (2001). Discrete trial training in the treatment of autism. *Focus on autism and other developmental disabilities*, 16(2):86–92.
- [Swartz et al., 2014] Swartz, R. J., Reagan, R., Costa, A. L., Beyer, B. K., and Kallick, B. (2014). *El aprendizaje basado en el pensamiento*, volume 4. Ediciones SM España.
- [Tarbox and Najdowski, 2008] Tarbox, R. S. and Najdowski, A. C. (2008). Discrete trial training as a teaching paradigm. *Effective practices for children with autism*, pages 181–194.
- [Vallefuoco. et al., 2017] Vallefuoco., E., Bravaccio., C., and Pepino., A. (2017). Serious Games in Autism Spectrum Disorder - An Example of Personalised Design. In *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Education - Volume 1: SGoCSL*, pages 567–572. INSTICC, SciTePress.
- [Westera et al., 2008] Westera, W., Nadolski, R. J., Hummel, H. G., and Wopereis, I. G. (2008). Serious games for higher education: a framework for reducing design complexity. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(5):420–432.
- [Wing, 1981] Wing, L. (1981). Asperger’s syndrome: a clinical account. *Psychological medicine*, 11(1):115–129.
- [Wong et al., 2019] Wong, J., Baars, M., Davis, D., Van Der Zee, T., Houben, G.-J., and Paas, F. (2019). Supporting self-regulated learning in online learning environments and moocs: A systematic review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(4-5):356–373.
- [Yusoff et al., 2009] Yusoff, A., Crowder, R., Gilbert, L., and Wills, G. (2009). A conceptual framework for serious games. In *2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 21–23.
- [Zajic et al., 2020] Zajic, M. C., Solari, E. J., McIntyre, N. S., Lerro, L., and Mundy, P. C. (2020). Task engagement during narrative writing in school-age children with autism spectrum disorder compared to peers with and without attentional difficulties. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 76:101590.
- [Zakari et al., 2014] Zakari, H. M., Ma, M., and Simmons, D. (2014). A Review of Serious Games for Children with Autism Spectrum Disorders (ASD). In Ma, M., Oliveira, M. F., and Baalsrud Hauge, J., editors, *Serious Games Development and Applications*, pages 93–106, Cham. Springer International Publishing.

Pedro Pablo Doménech Arellano
10-05-2021
Ult. actualización 28 de septiembre de 2021