

**Universidad  
Rey Juan Carlos**

Escuela Técnica Superior  
de Ingeniería Informática

**Grado en Ingeniería del Software**

**Curso 2022-2023**

**Trabajo Fin de Grado**

**EducARlos: Aplicación basada en Realidad Aumentada  
tipo Breakout para el desarrollo de competencias STEM**



**Autor: Carlos González Valtierra**

**Tutor: Liliana Patricia Santacruz Valencia**



# **Agradecimientos**

A mi familia, por su esfuerzo, su apoyo y por siempre estar ahí.  
A mis amigos, por sus consejos y siempre ayudarme con todo lo que necesitaba.  
A mis compañeros de clase, por que sin ellos no hubiera disfrutado tanto este viaje.  
Al CEIP Santo Domingo, donde empecé mis estudios, gracias a ellos he podido realizar este trabajo con la calidad necesaria después de realizar el estudio de caso en sus clases.



# Resumen

En la actualidad, la programación es una competencia muy importante que se está impartiendo desde edades tempranas, ya sea para extender conocimientos o para preparar a los estudiantes para su futuro, tanto laboral como personal, ya que poseer este tipo de habilidades puede favorecer a su desarrollo cognitivo y ayudar a que tengan una mejor toma de decisiones.

La programación entra dentro de las llamadas competencias STEM, cuyo objetivo es preparar a las nuevas generaciones para vivir en un entorno en constante transformación y formarles en puestos de trabajo que ni siquiera aún existen. Además, el enfoque STEM permite a los estudiantes solucionar problemas de una forma innovadora, autosuficiente y lógica. Relacionado con la forma innovadora de pensar que ofrece STEM, una de competencias más destacadas es el llamado Pensamiento Computacional, que consiste en un proceso que genera una forma de pensar con la que se aprende a establecer problemas y sus soluciones, cumpliendo una cierta secuencia de pasos necesarios para completar el proceso. Con el presente trabajo se quieren impulsar esos conceptos de cara a una educación futura basada en las nuevas tecnologías y el desarrollo de nuevas técnicas de enseñanza acordes a ellas.

Para reforzar este aspecto, también entra en juego la Realidad Aumentada, una tecnología novedosa que sirve de apoyo para la adquisición de todas estas competencias por parte de los más jóvenes. De esta forma, ciertos conceptos que para el estudiante puedan resultar “indiferentes” resultarán divertidos y útiles gracias a la interacción entre el estudiante y el entorno, lo que a través de un proceso de enseñanza y aprendizaje tradicional, puede resultar difícil de lograr.

De ahí que no solo se resalten conceptos relacionados con la programación, sino que también se haga hincapié en conceptos básicos de la informática más tradicional, como los números binarios o las secuencias de instrucciones pequeñas que pueden llevar a algoritmos más complejos. Con ello se pretende hacer reflexionar a los estudiantes incluso de las edades más tempranas sobre como piensa un ordenador, para tratar de impulsar en ellos la curiosidad de saber más acerca del mundo informático y su vez, ayudarles indirectamente a mejorar su lógica y su forma de resolver los problemas.

Todo ello se ha reforzado siguiendo una metodología de Breakout educativo, que es una actividad de gamificación donde los estudiantes tienen que superar una

serie de retos respondiendo preguntas o resolviendo operaciones matemáticas para abrir candados (ya sean reales o virtuales, como en el caso de la aplicación del presente proyecto), para superar el juego o la actividad completa, lo que hace que el estudiante tenga una experiencia más enriquecedora a la vez que se divierte aprendiendo.

Para ello, se hace uso de MERGE Cube, una herramienta física con forma de cubo que permite a los estudiantes visualizar e interactuar con la aplicación a través de la realidad aumentada. Así mismo, se han trabajado algunos conceptos de usabilidad y accesibilidad para que la aplicación sea usable y accesible para cualquier tipo de usuario sea cuales sean sus condiciones físicas y cognitivas.

Finalmente, se presentan los resultados del estudio de caso realizado en un colegio de la Comunidad de Madrid. El análisis de los resultados obtenidos, así como las conclusiones derivadas del trabajo realizado, se recogen en la presente memoria.



# Índice de contenidos

<b>Índice de figuras</b>	<b>11</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>12</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	2
1.2. Objetivos . . . . .	4
1.3. Estructura de la memoria . . . . .	5
<b>2. Contexto</b>	<b>6</b>
2.1. Competencias STEM . . . . .	6
2.2. Realidad Aumentada . . . . .	8
2.2.1. Tipos de Realidad Aumentada . . . . .	11
2.3. Pensamiento Computacional . . . . .	17
2.4. Breakout Educativo . . . . .	19
<b>3. Tecnologías, Herramientas y Metodologías</b>	<b>22</b>
3.1. Entornos de Desarrollo . . . . .	22
3.1.1. CoSpaces . . . . .	22
3.2. Lenguajes de Programación . . . . .	24
3.2.1. CoBlocks . . . . .	24
3.2.2. Typescript . . . . .	26
3.3. Navegadores . . . . .	27
3.3.1. Google Chrome . . . . .	27
3.4. Herramientas de Administración de Proyectos . . . . .	28
3.4.1. Trello . . . . .	28
3.5. Herramientas de desarrollo multimedia . . . . .	30
3.5.1. Editor de Texto . . . . .	30
3.6. Metodologías de trabajo . . . . .	31
3.6.1. Scrum . . . . .	32
3.6.2. Kanban . . . . .	33
3.7. Metodologías para el diseño de la usabilidad . . . . .	34

3.8. Metodologías para el diseño de la accesibilidad . . . . .	37
<b>4. Descripción Informática</b>	<b>39</b>
4.1. Especificación de requisitos . . . . .	39
4.2. Diagrama de Transiciones entre pantallas . . . . .	46
4.3. Diagrama de caso de uso . . . . .	47
4.4. Conceptos que se enseñan en la aplicación . . . . .	48
4.5. Interfaz y diseño de la aplicación . . . . .	50
<b>5. Estudio de caso</b>	<b>62</b>
5.1. Descripción del estudio de caso . . . . .	62
5.2. Análisis de los resultados . . . . .	64
<b>6. Conclusiones</b>	<b>67</b>
6.1. Contribuciones . . . . .	67
6.2. Trabajos futuros . . . . .	68
<b>Bibliografía</b>	<b>69</b>
<b>Anexos</b>	<b>76</b>
<b>7. Anexos</b>	<b>76</b>
7.1. Gráficos del estudio de caso . . . . .	76

# Índice de figuras

2.1.	Imagen ilustrativa de las competencias STEM . . . . .	7
2.2.	Ejemplo de Aplicación con Realidad Aumentada, Pokémon GO . . . . .	9
2.3.	Traducción de un cartel en directo con Google Lens . . . . .	9
2.4.	Un pájaro desde la aplicación de ZooKazam . . . . .	10
2.5.	Ejemplo de aplicación de RA con marcadores . . . . .	11
2.6.	Ejemplo de marcador visto con Vuforia . . . . .	12
2.7.	Modelo 3D de zapatilla Nike SB en un cartel con la app SNKRs .	12
2.8.	Pantalla principal del juego Ingress . . . . .	13
2.9.	Aplicación de L'Oreal Makeup Genius probada en tiempo real .	14
2.10.	Sergey Brin, director ejecutivo y cofundador de Google, con las Google Glass en su presentación . . . . .	15
2.11.	Usuario utilizando la aplicación IKEA Place . . . . .	15
2.12.	Niño aprendiendo con TangibleK . . . . .	17
2.13.	Taxonomía de Bloom . . . . .	18
2.14.	Ejemplo de juego realizado con Code.Org . . . . .	19
2.15.	Ejemplo de actividad realizada con la interfaz de BreakoutEDU.com	21
3.1.	Interfaz de la plataforma Cospaces . . . . .	23
3.2.	Aspecto real del MERGE Cube y su holograma en un teléfono móvil	24
3.3.	Ejemplo de código realizado en CoBlocks . . . . .	25
3.4.	Esquema del conjunto formado por Typescript y Javascript . . . . .	26
3.5.	Ejemplo de código realizado con Typescript . . . . .	27
3.6.	Consola de Google Chrome para desarrolladores . . . . .	28
3.7.	Tablero de Trello en una fase avanzada del desarrollo . . . . .	29
3.8.	Metodología en cascada . . . . .	31
3.9.	Ejemplo de Metodología Kanban con Post-Its . . . . .	34
4.1.	Representación de las transiciones entre pantallas de la aplicación EducARlos . . . . .	46
4.2.	Diagrama de caso de uso de la aplicación EducARlos . . . . .	47
4.3.	Menú Principal de EducARlos . . . . .	50
4.4.	Ajustes del menú principal . . . . .	51

4.5.	Vídeo de ayuda en el menú principal . . . . .	51
4.6.	Sección de números binarios en EducARlos . . . . .	52
4.7.	Apartado de teoría de números binarios . . . . .	52
4.8.	Apartado de ejemplos de teoría de números binarios . . . . .	53
4.9.	Niveles de juego de conversión de números binarios . . . . .	53
4.12.	Botón de Ayuda . . . . .	54
4.13.	Botón de atrás . . . . .	54
4.10.	Nivel bloqueado con candado . . . . .	54
4.11.	Nivel desbloqueado . . . . .	54
4.14.	Modelo 3D anunciando el número del candado . . . . .	54
4.15.	Cuestionario acerca de la combinación correcta del candado . . . . .	55
4.16.	Acertijo de números binarios . . . . .	55
4.17.	Video de ayuda del acertijo de números binarios . . . . .	56
4.18.	Sección de secuencias en EducARlos . . . . .	56
4.19.	Sección de teoría de secuencias . . . . .	57
4.20.	Ejemplo explicativo con metáfora de lavarse los dientes . . . . .	57
4.21.	Ejemplo explicativo con robot friegaplatos . . . . .	58
4.22.	Niveles de juego de secuencias en EducARlos . . . . .	58
4.23.	Nivel 1 del apartado de juegos de secuencias . . . . .	59
4.24.	Nivel 3 del apartado de secuencias . . . . .	59
4.25.	Nivel 4 del apartado de secuencias . . . . .	60
4.26.	Ventana emergente del cuestionario sobre el algoritmo . . . . .	60
4.27.	Cuestionario sobre el algoritmo utilizado en el nivel 4 . . . . .	60
4.28.	Nivel de Simón Dice . . . . .	61
5.1.	Estudiante usando la aplicación EducARlos . . . . .	62
5.2.	Tarjetas impresas de números binarios . . . . .	63
7.1.	Resultado pregunta número 1 . . . . .	76
7.2.	Resultado pregunta número 2 . . . . .	76
7.3.	Resultado pregunta número 3 . . . . .	77
7.4.	Resultado pregunta número 4 . . . . .	77
7.5.	Resultado pregunta número 5 . . . . .	77
7.6.	Resultado pregunta número 6 . . . . .	78
7.7.	Resultado pregunta número 7 . . . . .	78
7.8.	Resultado pregunta número 8 . . . . .	78
7.9.	Resultado pregunta número 9 . . . . .	79
7.10.	Resultado pregunta número 10 . . . . .	79
7.11.	Resultado pregunta número 11 . . . . .	79
7.12.	Resultado pregunta número 12 . . . . .	80
7.13.	Resultado pregunta número 13 . . . . .	80

# Índice de tablas

2.1. Tabla resumen sobre los tipos de realidad Aumentada . . . . .	16
3.1. Resumen con los Principios de usabilidad de Jakob-Nielsen y su aplicación en “EducARlos” . . . . .	36
4.1. Historia de usuario 1 . . . . .	40
4.2. Historia de usuario 2 . . . . .	40
4.3. Historia de usuario 3 . . . . .	41
4.4. Historia de usuario 4 . . . . .	41
4.5. Historia de usuario 5 . . . . .	42
4.6. Historia de usuario 6 . . . . .	42
4.7. Historia de usuario 7 . . . . .	43
4.8. Historia de usuario 8 . . . . .	43
4.9. Historia de usuario 9 . . . . .	44
4.10. Historia de usuario 10 . . . . .	44
4.11. Resumen de los valores de negocio de las historias de usuario . . . . .	45

# Capítulo 1

## Introducción

El mundo actual presenta un desarrollo muy rápido de la tecnología que contribuye a facilitar la vida humana. Este aspecto influye en la educación de las futuras generaciones, donde cada vez se está intentando llevar el aprendizaje a un enfoque más tecnológico, con el fin de que los estudiantes vayan más preparados para estudios y profesiones las cuales, algunos aún ni siquiera existen.

Con todo lo anterior, aparece una necesidad imperante de que los estudiantes más jóvenes aprendan competencias relacionadas con la tecnología, como las competencias STEM, que buscan eliminar barreras y conseguir la integración de materias relacionadas con la tecnología y las matemáticas que pueden resultar más difíciles o más abstractas en un primer momento.

La enseñanza de este tipo de conceptos se ha encontrado con muchos problemas, como indica el estudio de Godoy (2021), acerca de la ansiedad matemática actual que experimentan la mayoría de estudiantes de su país Filipinas, donde el origen de esta ansiedad se debe principalmente a un bajo rendimiento académico en cálculo y pre-cálculo.

El estudio sugiere que utilizar la Realidad Aumentada (RA) con juegos didácticos puede ser una complemento efectivo en la enseñanza de competencias STEM para mejorar tanto la salud de los estudiantes como el aprendizaje de las matemáticas. Para ayudar a todo esto, como se ha mencionado anteriormente, el presente proyecto utiliza la tecnología de RA. Se trata de agregar información adicional a una imagen del mundo real cuando ésta se visualiza a través de un dispositivo, el cual agrega información extra a la imagen real, ofreciendo una realidad transformada.<sup>1</sup>.

La RA ha tenido un gran impacto para los docentes en cuanto a presentación del material educacional, ya que ayuda al desarrollo de expresiones faciales, estimula el pensamiento y aumenta el nivel de entendimiento de la información compleja, sobretodo en gran parte al alto nivel de interactividad. (Pochtoviuk et al., 2020). La investigación sobre la RA en la educación ha crecido muchísimo. Su integración en las aulas ha crecido significativamente en las últimas décadas. (Avila-Garzón et al., 2021). La RA amplifica el aprendizaje de los estudiantes y les permite tener

---

<sup>1</sup><https://iat.es/tecnologias/realidad-aumentada/>

una experiencia más enriquecedora.

Como indica el estudio de Ibáñez et al.(2020), al utilizar la RA, los docentes pueden crear entornos de aprendizaje más dinámicos y atractivos, lo que a su vez puede motivar a los estudiantes a participar y a involucrarse más con el material. Este aspecto acaba por traducirse en una mejoría de las puntuaciones que los estudiantes obtienen en la materia con respecto a las obtenidas con las formas de enseñanza actuales.

Además, la RA puede ser utilizada para aclarar conceptos científicos difíciles de comprender y para hacer demostraciones prácticas de manera más efectiva (Yoon et al., 2017). En resumen, la RA es una tecnología emergente que tiene el potencial de revolucionar la educación y mejorar la manera en que los estudiantes aprenden y los docentes enseñan. Así mismo, el objetivo de este trabajo es ayudar a simplificar la enseñanza de algunos conceptos abstractos, como trabajar con números binarios. Para ello, se ha desarrollado una aplicación sencilla que utiliza RA y se apoya en el Merge Cube como marcador de la misma, que reduce la complejidad y hace más divertido el aprendizaje.

La aplicación presentada tiene varias actividades de juego, además de sus secciones de teoría correspondientes, divididas en las secciones de números binarios y secuencias. En la primera sección, hay dos actividades principales con distintos niveles. La primera se centra en la conversión de distintos números naturales a binarios y el nivel final está relacionado con la representación de imágenes con números binarios, donde el estudiante tendrá que resolver un acertijo en RA para completar la imagen propuesta.

En cuanto a la sección de secuencias, hay actividades donde el estudiante tiene que ordenar correctamente una secuencia temporal con dibujos en las distintas caras del cubo y otras donde tiene que obtener el algoritmo correcto para completar el nivel. De esta forma, se les introduce otro concepto muy relacionado con secuencias y que puede resultar muy complejo de enseñar de otra forma. Asimismo, el nivel final consiste en una prueba contrarreloj donde el estudiante tendrá que memorizar la secuencia de colores correspondiente.

De esta manera, se pretende facilitar el trabajo tanto del docente como del estudiante en la enseñanza y comprensión de los conceptos previamente explicados.

### 1.1. Motivación

La principal motivación es personal, ya que se considera que la forma más divertida de aprender es jugando, ya que es posible reforzar los conceptos que se quieren enseñar, sobretodo en edades tempranas.

Esto también va unido a la falta de formación tecnológica experimentada a nivel personal a lo largo de la educación recibida, sobretodo en sus inicios, donde la mayoría de actividades que se realizaban en el colegio estaban relacionadas con la teoría o simple papel, haciendo que costase más aprender los conceptos

---

y haciéndolos aburridos. Por lo que se considera que intentar afianzar esos conocimientos con una enseñanza más práctica o más tecnológica puede ser útil de cara al futuro de la docencia, la cual, debería incorporar la tecnología como complemento, en pos de prosperar juntos hacia el futuro.

De otra parte, la realización de este trabajo representa una buena ocasión para profundizar en el conocimiento sobre la RA, todas sus aplicaciones en la actualidad y observar como se podría implementar de cara al sector educativo.

Teniendo en cuenta estos aspectos, se ha decidido desarrollar una aplicación de carácter educativo con la que se puedan afianzar algunos conocimientos informáticos que sirvan a los más jóvenes para resolver problemas de su día a día, analizándolos y descomponiendo su resolución en pequeñas tareas que les lleve a identificar patrones, seguir algoritmos y detectar errores para corregirlos.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup><https://www.safesearchkids.com/computational-thinking-for-children>

## 1.2. Objetivos

Los principales objetivos que se quieren lograr con la realización del presente proyecto son los siguientes:

- Reforzar la enseñanza de conceptos STEM en niños de educación primaria, desde matemáticos hasta de programación y de Pensamiento Computacional básicos en niños con edad de cursar educación primaria, para conseguirlo, se realizará una aplicación que utiliza RA para ayudar a los estudiantes a interesarse por el tema en cuestión y que entiendan mejor este tipo de conceptos que pueden resultar complejos de entender.
- Realización de una investigación sobre la RA, tecnología en auge, la cual puede ser el futuro pero a su vez es el presente, ya que nos añade mucha más información a la realidad que ya vemos con nuestros propios ojos.
- Unión de la RA con la enseñanza, aprovechando la parte visual de ésta y lo amigable que puede ser para niños e incluso para docentes.
- Realización de un estudio de caso en un colegio real para verificar la usabilidad, accesibilidad y la efectividad de la aplicación en un entorno educativo real y sacar conclusiones acerca de si su implementación sería de ayuda en los centros escolares comparándolo con la enseñanza de los mismos conceptos de la manera tradicional.

---

### **1.3. Estructura de la memoria**

La presente memoria se ha estructurado como sigue:

1. Introducción, se dan los detalles iniciales acerca de la realización del trabajo, la motivación para realizarlo, los objetivos que se quieren lograr.
2. Contexto, se presentan las competencias STEM y para lo que sirven, el concepto de realidad aumentada con todas sus características, aplicaciones en distintos ámbitos y algunos ejemplos de su uso actual, también, otros aspectos importantes para la aplicación como el Pensamiento Computacional y la explicación de Breakout educativo.
3. Tecnologías, Herramientas y Metodologías, se explican las tecnologías y herramientas usadas, así como la metodología de trabajo escogida para la realización del proyecto sobre posibles alternativas, explicando como se han aplicado los distintos puntos técnicos.
4. Descripción informática, se detallan todos los aspectos de la aplicación desarrollada, así como se han incluido diagramas para que se pueda visualizar el flujo de navegación por la aplicación.
5. Estudio de caso, se describe el estudio de caso llevado a cabo en un colegio de la Comunidad de Madrid, con estudiantes de Educación Primaria.
6. Conclusiones, se analizan los objetivos propuestos al principio y se hace un balance sobre lo conseguido con la realización del trabajo, así como los aspectos futuros que se podrían mejorar en versiones posteriores de la aplicación.

# **Capítulo 2**

## **Contexto**

En este capítulo examina el contexto en el que se desarrollará la aplicación. Se ha enfocado en las competencias STEM, el Pensamiento Computacional y la metodología Breakout Educacional, aspectos que se unen bajo el soporte de la RA, y son relevantes para dar forma a la aplicación, así, como la enseñanza de aspectos básicos de la informática y su forma de enseñarse como concepto en las aulas actualmente, esto es importante a la hora de sacar conclusiones sobre si la RA es beneficiosa para su uso en la educación actual.

### **2.1. Competencias STEM**

El término STEM (por sus siglas en inglés) es el acrónimo de los términos en inglés Science, Technology, Engineering and Mathematics (Ver Figura 2.1) (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, el acrónimo en Castellano sería CTIM) a veces se puede encontrar también como STEAM, incluyendo la disciplina de Artes, la cual cada vez se considera más importante en los nuevos enfoques de los currículums educativos y estaba siendo excluida hasta ahora.

La educación STEM es una forma de desarrollar en los estudiantes un enfoque científico y sistemático para sus problemas. Se centra en la enseñanza de las disciplinas anteriormente nombradas y utiliza proyectos prácticos y aplicaciones del mundo real para ayudar a los estudiantes a comprender cómo se relacionan estas disciplinas. No solo ayuda a los estudiantes al desarrollo de habilidades técnicas, sino que también fomenta la creatividad, la resolución de problemas y el pensamiento crítico.

En este caso particular, una de las competencias más importantes que aborda el presente proyecto dentro del currículum STEM es la del pensamiento computacional.

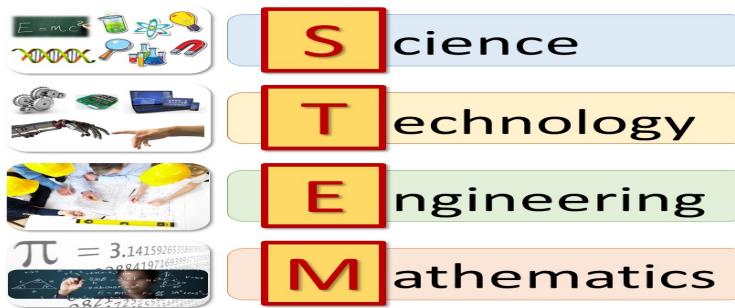


Figura 2.1: Imagen ilustrativa de las competencias STEM

El estudio de Città et al. (2019) se enfoca en la relación entre la habilidad de razonamiento espacial, específicamente la rotación mental, y el pensamiento computacional en estudiantes de primaria. Según el estudio, existe una correlación positiva entre la rotación mental y la habilidad de codificación, y mejorar la habilidad de rotación mental puede fortalecer las habilidades matemáticas y de pensamiento computacional.

El estudio también menciona algunas actividades que se pueden realizar sin dispositivos electrónicos dentro de la colección de actividades CS Unplugged<sup>1</sup>, en el cual está basada una de las secciones de la presente aplicación pero adaptándola a la RA, el nivel de números binarios.

Sin embargo, la relación entre la rotación mental y el pensamiento computacional aún está en una etapa temprana de investigación. En cuanto al presente proyecto se va a utilizar Merge Cube como marcador para realizar la proyección de RA, el cual aprovecha la habilidad de rotación mental al permitir al usuario manipular y rotar objetos virtuales en un espacio tridimensional utilizando movimientos físicos del cubo. Y, teniendo en cuenta el estudio de Cittá, esto puede ayudar a desarrollar la habilidad de rotación mental y, por lo tanto, mejorar las habilidades de pensamiento espacial y computacional.

Así mismo, se han realizado numerosos estudios que han relacionado la educación STEM con la RA intentando encontrar los beneficios que tiene esta unión, según el estudio de Godoy (2022), la unión entre la RA y STEM es importante porque puede mejorar significativamente los entornos de enseñanza al aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes, mejorar la representación de información espacial, la contextualización y las habilidades técnicas.

Además como indica dicho estudio, la RA puede ser un enfoque exitoso para abordar problemas propios dentro de la formación de campos científicos como los costes del equipo de laboratorio inadecuado. Además, el estudio concluye que la tecnología de la RA ha demostrado mejorar significativamente los resultados de aprendizaje en muchos campos distintos de la educación, incluida la exploración marina, las matemáticas y la ingeniería.

<sup>1</sup><https://www.csunplugged.org/es/>

## 2.2. Realidad Aumentada

La RA soporta la unión de los conceptos anteriormente expuestos con una perspectiva de gamificación del proyecto para fomentar el aprendizaje, asigna la interacción entre ambientes virtuales y el mundo físico, posibilitando que ambos se entremezclen a través de un dispositivo tecnológico, el cual puede ser desde un teléfono móvil hasta una webcam. La RA inserta objetos virtuales en el contexto físico y se los muestra al usuario usando la interfaz del ambiente real con el apoyo de la tecnología. Este recurso viene revolucionando la forma en que se realizan las tareas y sirve de apoyo en algunos ámbitos hasta ahora inexplorados.<sup>2</sup>

La RA se ha utilizado principalmente en juegos y aplicaciones móviles más enfocadas al ocio por su habilidad para entretener, pero también se está empezando a utilizar en entornos de trabajo y educativos.

Según Ibañez y Delgado (2018), la RA se ha convertido en un tema popular en la investigación educativa de la última década. Algunos investigadores han señalado que la RA tiene potenciales beneficios educativos especialmente útiles en los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM), además, potencia la capacidad espacial, las habilidades prácticas, la comprensión conceptual y el aprendizaje de la investigación científica.

Otro estudio interesante es el de Radu (2014) que presenta una meta-revisión de 26 publicaciones e identifica una lista de los impactos positivos y negativos de la tecnología de RA educativa en el aprendizaje de los estudiantes. Radu concluye que la RA es útil para aumentar la motivación de los estudiantes, fomentar la colaboración entre ellos, desarrollar habilidades espaciales y mejorar el rendimiento en tareas físicas. En cuanto a los efectos negativos, Radu señala que la RA impone una carga cognitiva adicional a los estudiantes y causa problemas de usabilidad, algo que se analizará posteriormente en este proyecto basándose en los principios de usabilidad de Jakob-Nielsen.

En términos de aplicaciones, como se ha mencionado anteriormente, la RA se ha utilizado principalmente en el ámbito de los juegos y las aplicaciones móviles. Por ejemplo, hay juegos que utilizan la cámara del teléfono para superponer elementos virtuales sobre el mundo real, como en el juego *Pokémon Go* (Ver Figura 2.2) desarrollado por Niantic, que se aprovecha de la geolocalización del dispositivo para esconder Pokémons en distintas ubicaciones del mundo real, con el objetivo de hacerse con todos.<sup>3</sup>

También, hay aplicaciones que utilizan la RA para mostrar información adicional

---

<sup>2</sup><https://rockcontent.com/es/blog/realidad-aumentada/>

<sup>3</sup><https://pokemongolive.com/>



Figura 2.2: Ejemplo de Aplicación con Realidad Aumentada, Pokémon GO

sobre el entorno, como los nombres de edificios o monumentos cuando se apunta la cámara hacia ellos. En este aspecto, también se puede resaltar la aplicación Google Lens<sup>4</sup>(Ver Figura 2.3), desarrollada por Google, que ofrece desde traducciones instantáneas y en tiempo real de los carteles al idioma que se desee hasta apuntar a una foto e identificar las prendas de ropa que llevan puestas las personas que aparecen en ella y llevar a un enlace para comprarlas e incluso identificar la raza de un animal con una sola foto.



Figura 2.3: Traducción de un cartel en directo con Google Lens

Sin embargo, como indica el estudio que realizaron Barroso-Osuna et al., (2019) sobre si las dificultades de aplicar la RA en la educación universitaria, se concluye que los principales obstáculos con los que tiene que lidiar la RA para ser

---

<sup>4</sup><https://lens.google/>

implantada son las dificultades técnicas, curriculares y organizativas, entre las cuales destacan: La falta de: formación específica en este campo del profesorado, interés por mejorar, experiencias educativas previas, fundamentos conceptuales, investigación y apoyo institucional.

En el ámbito educativo, la RA también puede mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Por ejemplo, los profesores pueden utilizar la RA para superponer elementos virtuales sobre objetos del mundo real durante las clases, lo que puede ayudar a los estudiantes a visualizar y comprender mejor conceptos abstractos. También hay aplicaciones educativas que utilizan la RA para mostrar información adicional sobre el entorno, como la historia de un monumento o el funcionamiento de una máquina.

Por ejemplo, la aplicación ZooKazam<sup>5</sup>(Ver Figura 2.4) desarrollado por AtlantaAR, con la cual se puede disfrutar de animales de una manera lúdica y espectacular para los estudiantes. Lo único que se necesita para verla son los marcadores de su página web y elegir el animal que se desea. Los animales están animados por lo que emiten sonidos y se puede interactuar con ellos así como obtener información adicional, lo que hace que la experiencia de aprendizaje sea más entretenida para los estudiantes más jóvenes que si se realizase por cualquier otra vía, como puede ser papel.

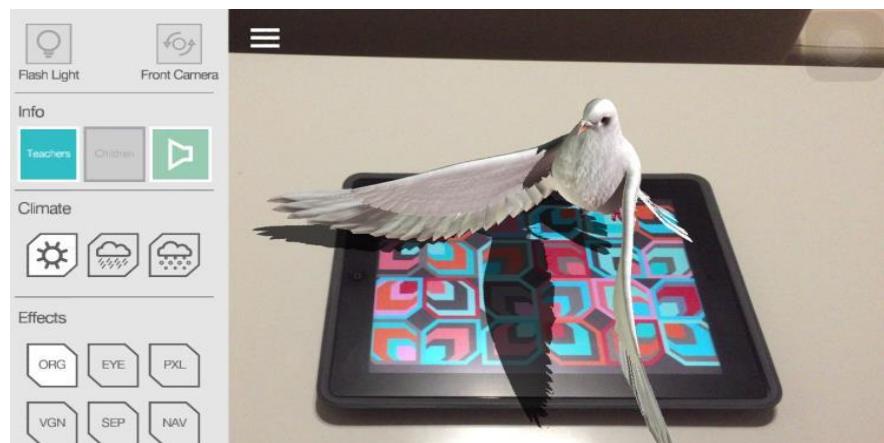


Figura 2.4: Un pájaro desde la aplicación de ZooKazam

En resumen, la RA es una tecnología en constante evolución con un gran potencial tanto en el ámbito laboral como en el educativo, pero requiere de algunos aspectos técnicos que se tienen que cumplir previamente para su uso. Se está expandiendo rápidamente en diferentes áreas y es probable que siga siendo una tecnología importante en el futuro.

---

<sup>5</sup><http://www.zookazam.com>

---

### 2.2.1. Tipos de Realidad Aumentada

Según el estudio de Edwards-Stewart et al., (2016), hay dos formas de clasificar las tecnologías de RA: **RA Desencadenada** y **RA basada en vista**.

En cuanto a la RA desencadenada o activada, usa un elemento del mundo real para activar o desencadenar contenido virtual y proporcionar una experiencia al usuario.

Sin la ayuda de este elemento físico, el contenido de RA no se activaría para mostrarse.

Hay diferentes tipos de *Triggers* o activadores que se pueden utilizar en la RA. Por ejemplo, algunas aplicaciones de RA utilizan imágenes específicas (marcadores) capturadas por la cámara para posicionar el elemento digital en ellas. Otro tipo de activador se basa en las interacciones del usuario, como por ejemplo, tocar un objeto en la pantalla o realizar un gesto con las manos, lo que hace que la experiencia de RA sea más interactiva y atractiva para el usuario al permitirle interactuar directamente con el contenido virtual.



Figura 2.5: Ejemplo de aplicación de RA con marcadores

Las tecnologías de RA desencadenadas incluyen cuatro tipos según el tipo de seguimiento que se utiliza: Markerbased (**basado en marcadores**), Location-based (**basado en ubicación**), Dynamic Augmentation (**aumento dinámico**) y Complex Augmentation (**aumento complejo**). A continuación, se nombran las características principales y un ejemplo de cada tipo:

- **RA basada en marcadores**, como se ha comentado anteriormente, este tipo de RA utiliza imágenes físicas (marcadores) capturadas por la cámara para posicionar el elemento digital sobre ellas. Los marcadores pueden ser en papel o físicos. Un ejemplo de esta categoría puede ser el uso de códigos QR, el cual es el uso más extendido actualmente.



Figura 2.6: Ejemplo de marcador visto con Vuforia



Figura 2.7: Modelo 3D de zapatilla Nike SB en un cartel con la app SNKRs

Este es el tipo de RA utilizado para el desarrollo de este proyecto, ya que depende del uso de Merge Cube para su visualización como se indicará más adelante.

También, a la hora de hablar de desarrollo, entran en esta categoría los marcadores personalizados que se pueden crear con Vuforia<sup>6</sup>, un SDK que, combinado con Unity<sup>7</sup>, sirve para desarrollar aplicaciones de RA(Ver Figura 2.2.1).

Como aplicación destacada en este apartado, se encuentra la aplicación SNKRs<sup>8</sup> de Nike. En ella, los usuarios pueden escanear el marcador, que fue diseñado en forma de un logotipo especial de Nike para la campaña, para ver zapatillas premium a la venta. Fue creado con marcadores distribuidos en periódicos, paredes de graffiti, carteles y sitios urbanos donde los usuarios pueden interactuar con él y ver el modelo en 3D de la zapatilla para comprarla.

<sup>6</sup><https://developer.vuforia.com/>

<sup>7</sup><https://unity.com/es>

<sup>8</sup><https://www.nike.com/es/snkrss-app>

- **RA basada en la ubicación**, utiliza tecnologías de localización y detección del movimiento del usuario para representar un acercamiento o alejamiento del estímulo digital. Se basa en GPS, acelerómetro, brújula digital y otras tecnologías para identificar la ubicación de un dispositivo con alta precisión. Este tipo de realidad aumentada está disponible para la mayoría de los usuarios de dispositivos móviles ya que son características comunes a los dispositivos actuales.

La experiencia se asocia con una ubicación geolocalizada y se utiliza por lo general en exteriores para brindar información pertinente del ambiente que nos rodea. Por ejemplo, si te encuentras en el momento y lugar adecuados, el contenido digital aparecerá en el campo de visión.

Un buen ejemplo de este tipo es la aplicación Ingress<sup>9</sup> desarrollada por Niantic Labs, en el cual, dos ejércitos de agentes luchan por controlar zonas del planeta y utilizan la Materia Exótica (XM) como energía que se encuentra en portales. Esos portales son puntos de concentración de XM y son zonas de avituallamiento, donde conseguir objetos con los que realizar operaciones en el juego.<sup>10</sup>



Figura 2.8: Pantalla principal del juego Ingress

- **Aumento dinámico**, este tipo de tecnología de RA permite la interacción dinámica entre el contenido digital y el mundo real. Esto significa que, el contenido digital mostrado puede cambiar en tiempo real en respuesta a

<sup>9</sup><https://www.ingress.com/>

<sup>10</sup><https://www.xatakandroid.com/juegos-android/ingress-manual-basico-para-empezar-a-jugar>

cambios en el entorno o a la interacción del usuario.

Un ejemplo de aumento dinámico podría ser una aplicación de AR que permite al usuario interactuar con objetos virtuales en tiempo real. Por ejemplo, un usuario podría mover un objeto virtual con su mano o cambiar su tamaño y forma utilizando gestos.

Como aplicación famosa se tiene el ejemplo de la aplicación L’Oreal Makeup Genius<sup>11</sup>, un proyecto que realizó L’Oreal en el año 2015 en colaboración con Image Metrics, una empresa especializada en análisis y reconocimiento facial. Esta aplicación utilizó un revolucionario algoritmo que utilizó los datos de cientos de rostros de distintos lugares del mundo y capta hasta 100 expresiones faciales distintas que permiten a los usuarios probar el maquillaje a tiempo real y en movimiento.



Figura 2.9: Aplicación de L’Oreal Makeup Genius probada en tiempo real

- **Aumento Complejo**, este tipo de RA empareja una visión real y dinámica del mundo con información digital. Es una combinación de la RA basada en marcadores/localizaciones y el aumento dinámico. Un ejemplo famoso de este tipo de aumento podría verse presente en el concepto original de Google Glass (Actualmente Google ha dejado de vender su versión para empresas y ha aparcado el proyecto<sup>12</sup>), donde los usuarios ven información sobre sitios locales basada en su ubicación obtenida por GPS y los objetos en el campo de visión del usuario reciben información útil sobre su entorno a través de Internet.

<sup>11</sup><https://www.muycomputerpro.com/2015/03/17/loreal-make-up-genius-moda>

<sup>12</sup><https://www.elmundo.es/tecnologia/gadgets/2023/03/16/6413953f21efa0206f8b4594.html>

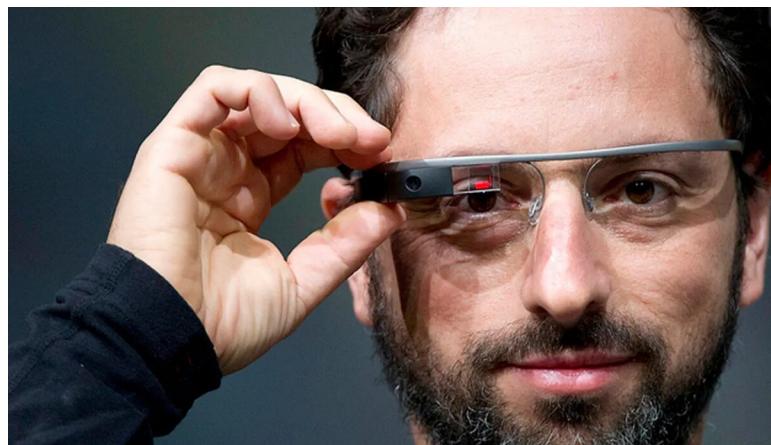


Figura 2.10: Sergey Brin, director ejecutivo y cofundador de Google, con las Google Glass en su presentación

La AR basada en vista también tiene diversos tipos, entre los que se incluye Indirect Augmentation (**Aumento indirecto**) y Nonspecific Digital Augmentation (**Aumento digital no específico**).

- **Aumento indirecto**, en este tipo de RA se aumenta de forma inteligente una visión estática del mundo. A menudo se trata de aumentar imágenes. Un ejemplo de esta categoría son las aplicaciones que permiten a los usuarios hacer una foto de la habitación y cambiar el color de la pared. La aplicación distingue la pared de otros objetos y aumenta sólo la pared. Un ejemplo famoso de este tipo es la aplicación IKEA Place<sup>13</sup>, donde los usuarios escanean la superficie donde deseen colocar el producto en cuestión y la aplicación analiza el espacio real para calcular las dimensiones y mostrar con la mayor exactitud posible como quedaría el resultado final.



Figura 2.11: Usuario utilizando la aplicación IKEA Place

---

<sup>13</sup><https://apps.apple.com/es/app/ikea-place/id1279244498>

- **Aumento digital no específico**, en este tipo se digitaliza una vista dinámica del mundo sin referencia al entorno en el que se encuentra. El usuario interactúa con el aumento, por ejemplo tocándolo cuando aparece, sin referencia a su entorno. Es habitual en juegos y el ejemplo más notable es el nombrado anteriormente Pokémon GO, donde aparecen criaturas de la serie en el entorno y el usuario solo tiene que tocarlas para interactuar con ellas y capturarlas.

A modo de resumen se ha realizado una tabla apoyada en el estudio anteriormente mencionado, con todos los tipos expuestos, sus principales características y algunos ejemplos:

Tabla 2.1: Tabla resumen sobre los tipos de realidad Aumentada

Categoría	Tipo	Ejemplos	Características
Desencadenada	Basada en marcadores: Papel	Uso de códigos QR	Utiliza un marcador de papel para activar una mejora digital.
	Basada en marcadores: Objeto	SNKRS App de Nike	Utiliza marcadores físicos en el entorno (carteles, folletos, logotipos...)
	Basada en la ubicación	Ingress	Superposición de información digital en un mapa o en la vista de la cámara en directo. El GPS puede activar el estímulo también.
	Aumento dinámico	L'Oréal Makeup Genius	Mejora significativa e interactiva con posible reconocimiento de objetos y/o seguimiento del movimiento.
Basado en la vista	Aumento complejo	Google Glass	Mejora la vista dinámica y extraer información de Internet basada en la ubicación, marcadores o reconocimiento de objetos.
	Aumento indirecto Aumento digital no específico	IKEA Place Pokémon GO	Imágenes reales aumentadas de manera inteligente. Mejora de cualquier vista de la cámara independientemente de la ubicación.

---

## 2.3. Pensamiento Computacional

El Pensamiento Computacional (PC) es una habilidad que, según el estudio de Bers et al. (2014), se podría definir como *la capacidad de resolver problemas de manera sistemática y lógica, utilizando herramientas y técnicas de la informática*. Incluye habilidades como la descomposición de problemas, la abstracción, la identificación de patrones y la creación de algoritmos.

En su estudio se realiza una investigación utilizando su programa TangibleK Robotics<sup>14</sup>, el cual está basado en la robótica y mezcla esa disciplina con la de programación a su vez dándole un aspecto lúdico donde los niños aprenden jugando construyendo robots y que éstos realicen tareas específicas.

Dicho estudio concluye que los niños pueden aprender a resolver problemas, reducir problemas complejos en subproblemas más pequeños y crear algoritmos que puedan ser ejecutados por máquinas. El programa ha demostrado ser efectivo en la enseñanza de habilidades de PC a niños de preescolar.

El PC es una habilidad importante para los niños que deben aprender a usar desde pequeños, ya que les ayuda a desarrollar habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico. Los niños que aprenden PC también pueden aprender a pensar de manera más creativa y a desarrollar habilidades de colaboración y comunicación.

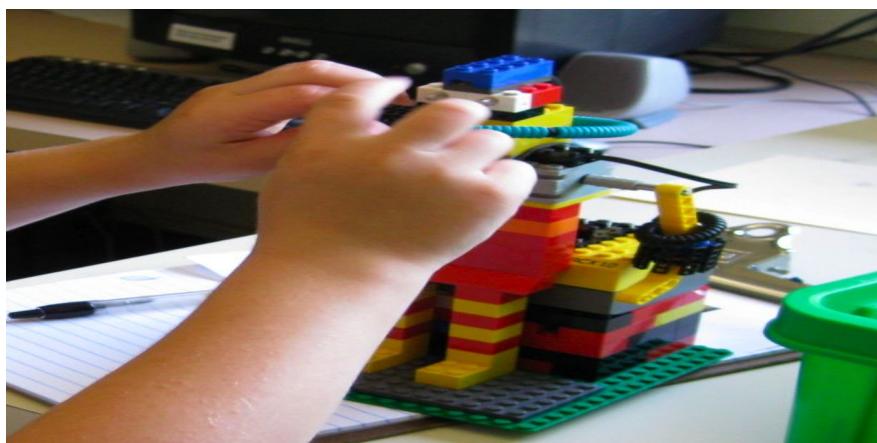


Figura 2.12: Niño aprendiendo con TangibleK

Además, otro estudio como el realizado por Zaharin et al. (2018) concluye que la implantación de la enseñanza y el trabajo del PC en la educación es una estrategia para desarrollar habilidades de resolución de problemas y habilidades de pensamiento de orden superior (HOTS). Al enseñar el PC, los estudiantes pueden desarrollar habilidades que les permitan trabajar en una variedad de campos, desde la programación y la ingeniería hasta la literatura y las artes. Sin

---

<sup>14</sup><https://ase.tufts.edu/DevTech/tangiblek/>

embargo, también hay algunos conceptos erróneos comunes sobre el PC, como que solo es relevante para los campos de la ciencia y la tecnología y que se trata solo de programación. En realidad, el PC es una habilidad que se puede aplicar en cualquier campo y tiene muchos aspectos importantes, como la descomposición de problemas y la identificación de patrones. La implementación de las HOTS ha llevado a los estudiantes a desarrollar la capacidad de resolver problemas, una habilidad de la que se ha observado que carecen. Esto está basado en la taxonomía de Bloom, un sistema de clasificación utilizado para definir y distinguir diferentes niveles de cognición humana, es decir, el pensamiento, el aprendizaje y la comprensión<sup>15</sup>. En la figura 2.13 se observa un diagrama de la taxonomía de Bloom.



Figura 2.13: Taxonomía de Bloom

El PC incluye varias características importantes. En primer lugar, implica formular problemas de manera que puedan ser resueltos con un ordenador u otras herramientas. Esto significa que se debe ser capaz de descomponer un problema en partes más pequeñas y manejables para que pueda ser resuelto de manera más eficiente.

En segundo lugar, el PC implica organizar y analizar información lógicamente. Esto significa que se debe ser capaz de identificar patrones y relaciones en la información para poder tomar decisiones informadas.

En tercer lugar, el PC implica representar información mediante abstracciones como modelos y simulaciones. Esto permite simplificar problemas complejos y entender mejor cómo funcionan las cosas.

Por último, el PC implica automatizar soluciones mediante el pensamiento algorítmico. Esto significa que se debe ser capaz de diseñar una serie de pasos ordenados para resolver un problema de manera eficiente.

El PC es una habilidad que se puede desarrollar a través de la práctica y la exposición a problemas que requieren soluciones algorítmicas. Los niños pueden

---

<sup>15</sup><https://www.edglossary.org/blooms-taxonomy/>

---

desarrollar esta habilidad a través de actividades y herramientas tanto *Online* como *Offline*. Los profesores pueden utilizar juegos de lógica, rompecabezas, juegos de programación y juegos de simulación para ayudar a los niños a desarrollar habilidades como la resolución de problemas, la lógica, la creatividad y la capacidad de abstracción.

En cuanto a la enseñanza del PC a los niños, existen muchas herramientas y recursos disponibles en línea y fuera de línea. Algunos ejemplos de recursos en línea son Code.org<sup>16</sup>, Scratch<sup>17</sup> y Khan Academy<sup>18</sup>. Estos recursos ofrecen actividades y lecciones que ayudan a los niños a desarrollar habilidades de PC de una manera divertida y accesible. En la figura 2.14, se puede visualizar un juego para niños que trata sobre la búsqueda de un tesoro aprendiendo a su vez algunos conceptos de programación mientras juegas, realizado con las herramientas que ofrece la página de Code.Org.

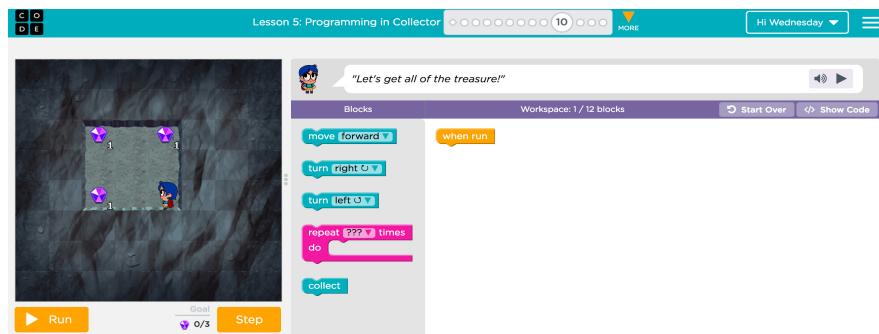


Figura 2.14: Ejemplo de juego realizado con Code.Org

## 2.4. Breakout Educativo

La aplicación del presente proyecto sigue una metodología breakout. Un breakout es un juego derivado de los Escape Rooms de duraciones de más o menos una hora cuyo objetivo es salir de una habitación siguiendo ciertas pistas o tomando los objetos disponibles en la sala que está siendo tendencia global en los últimos años<sup>19</sup>. En el caso del tipo educativo, el llamado BreakoutEDU no consiste en salir del aula, sino que es una actividad de gamificación que consiste en abrir una caja cerrada con diferentes tipos de candados en un tiempo que se suele medir dependiendo del tiempo de clase disponible. Para conseguir los distintos números que forman el código que abre el candado es necesario resolver los distintos

---

<sup>16</sup><https://code.org/>

<sup>17</sup><https://scratch.mit.edu/>

<sup>18</sup><https://es.khanacademy.org/>

<sup>19</sup><https://www.educaweb.com/noticia/2017/07/26/breakoutedu-microgamificacion-aprendizaje-significativo-15068/>

problemas o acertijos propuestos en las actividades disponibles. Normalmente va acompañada de una breve historia que dé sentido al reto con personajes que introducen a los estudiantes de lleno en el juego y despierten su curiosidad en el mismo. Como principales ventajas, cabe destacar algunas de las que siguen:

- Es capaz de ser adaptado a cualquier contenido curricular, ya que simplemente cambiando los objetivos o la historia se consiguen resultados en cualquier materia.
- Desarrolla el pensamiento crítico y la habilidad de resolución de problemas, se debe formar a las nuevas generaciones a enfrentarse a problemas que aún desconocemos, se deben crear escenarios que ayuden a los estudiantes a construir mecánicas que puedan transferir a otras situaciones de su vida cotidiana.
- Desarrolla la perseverancia: Ofrece una respuesta inmediata y la aceptación del error como parte del aprendizaje, si se realiza correctamente la prueba, se pasa a la siguiente fase, lo cual se adapta al ritmo determinado que pueda tener cada estudiante en cuestión. Si se comete un fallo, se da la oportunidad de identificarlo y volver a intentar el nivel hasta pasarlo de manera satisfactoria.
- Desarrolla el pensamiento deductivo, los estudiantes aprenden indirectamente metodologías generalizadas que podrán aplicarlas a la resolución de nuevos casos específicos en el futuro por lo que gracias a que se deducen estrategias para solucionar el BreakoutEDU se podrán solucionar nuevos retos que se les planteen próximamente en sus vidas.
- Desarrollar el trabajar bajo presión, normalmente al tener un tiempo definido para cumplir todos los objetivos (el tiempo de duración de la clase), se necesita un cierto orden y mejora las habilidades para filtrar información superflua para avanzar más rápido.
- Es divertido y lúdico, se busca que los estudiantes puedan divertirse aprendiendo y con el componente de diversión y emoción que proporciona esta actividad puede ser una forma muy efectiva de motivar a los estudiantes en ciertas materias que puedan resultar más tediosas para su aprendizaje.

También cabe resaltar que existe una plataforma llamada BreakoutEDU<sup>20</sup> que ofrece juegos estilo breakout para todos los niveles escolares, tanto de pago como gratuitos. Además, la plataforma ofrece herramientas para crear juegos personalizados tanto en línea como en el mundo físico. Los profesores pueden crear juegos personalizados desde su interfaz online y llevarlos a sus clases para que les sirvan como herramienta educativa.

---

<sup>20</sup><https://breakoutedu.com/>



Figura 2.15: Ejemplo de actividad realizada con la interfaz de BreakoutEDU.com

En el caso de la aplicación presentada, se ha desechado la idea de utilizar la plataforma de BreakoutEDU debido a que se utiliza Cospaces, plataforma de la que se hablará más adelante, pero se utiliza esta metodología de forma personalizada con ayuda de Merge Cube y la RA, para que, después de que el estudiante haya desbloqueado todos los niveles previos de una cierta sección, se pueda desbloquear el candado del nivel final para completar la sección correspondiente. En este caso, normalmente suele ser el nivel más complicado de completar en cuanto a dificultad para dotar de valor a la recompensa obtenida previamente.

# Capítulo 3

## Tecnologías, Herramientas y Metodologías

En este capítulo se describen todas las herramientas presentes en el desarrollo del proyecto desde la perspectiva informática, desde los lenguajes de programación y los entornos de desarrollo utilizados hasta las distintas herramientas.

### 3.1. Entornos de Desarrollo

Un entorno de desarrollo es un conjunto de procedimientos y herramientas que se utilizan para desarrollar un código fuente o programa. Este término se utiliza a veces como sinónimo de entorno de desarrollo integrado (IDE), que es la herramienta de desarrollo de software utilizado para escribir, generar, probar y depurar un programa. También proporcionan a los desarrolladores una interfaz de usuario común (UI) para desarrollar y depurar en diferentes modos. Están formados por un editor de código, un compilador, un intérprete, un depurador y un constructor de interfaz gráfica. En el contexto del presente proyecto sólo se ha utilizado un entorno de desarrollo, que es el propio CoSpaces<sup>1</sup>.

#### 3.1.1. CoSpaces

La plataforma CoSpaces proporciona a los usuarios la capacidad de crear y explorar espacios de RA y de VR de forma sencilla desde su propio navegador o desde la aplicación para móvil. Su propósito más utilizado es el educativo ya que también se aprovecha de tener los roles en la página de profesor y estudiante que dan mayor control al profesor, pero se puede usar también con fines artísticos o de entretenimiento, ya que ofrece muchas posibilidades para la creatividad.

Con Cospaces se puede diseñar cualquier escenario 3D, desde un paisaje natural hasta una ciudad futurista o una recreación histórica.

Posee una interfaz amigable, que puede ser utilizada con facilidad por cualquier usuario (Ver Figura 3.1) También, posee una biblioteca de elementos o assets 3D donde se pueden encontrar recursos de todo tipo que se pueden utilizar al instante en propio escenario con solo arrastrarlos y hace que la velocidad de trabajo

---

<sup>1</sup><https://cospaces.io/edu/>

sea mucho mayor ya que hace que no sea necesario la creación o la búsqueda en Internet de muchos de ellos, aspecto que ha ayudado bastante a la velocidad de creación de este proyecto y es uno de los aspectos principales por los que se ha optado por la utilización de esta plataforma para el mismo.

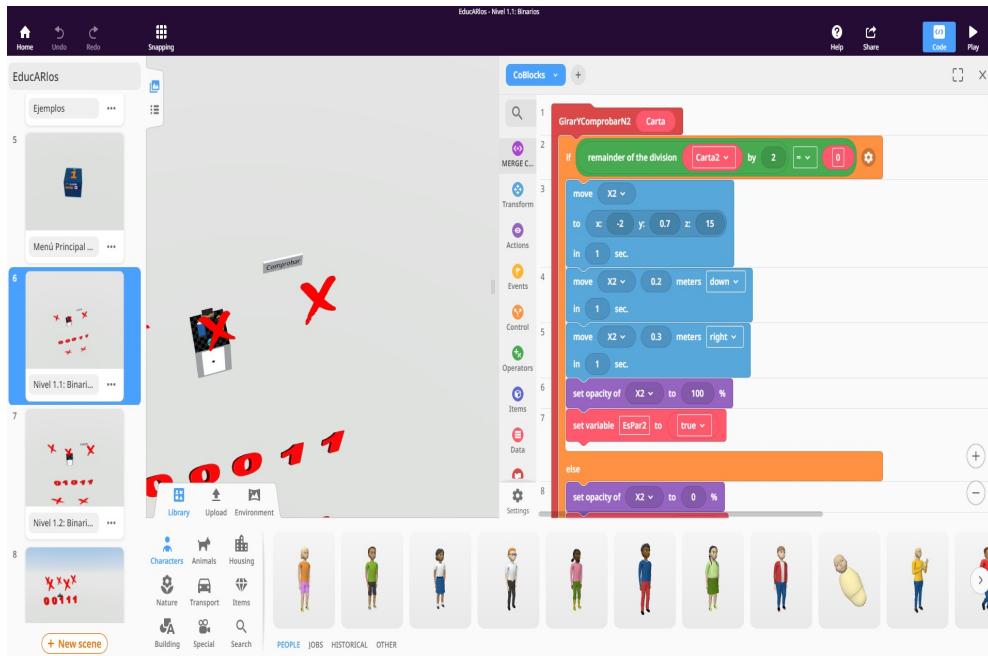


Figura 3.1: Interfaz de la plataforma Cospaces

Como se ha comentado anteriormente, un aspecto destacado que se ha utilizado en este proyecto es el llamado MERGE Cube, un cubo de RA que permite ver objetos en 3D usando un dispositivo móvil y ciertas aplicaciones, como el propio Cospaces o MERGE Edu<sup>2</sup>. Estas aplicaciones se integran con el MERGE Cube, el cual actúa como marcador y proyecta sobre él el escenario 3D como si fuese un holograma, como en el caso de la presente aplicación.

Así se puede sostener con la mano el entorno que el usuario ha creado y verlo desde distintos ángulos, lo que hace que la experiencia sea más lúdica, entretenida y completa, incentivando así mismo el desarrollo de la habilidad de rotación mental, sobretodo en usuarios con edades tempranas.

<sup>2</sup><https://mergeedu.com/>



Figura 3.2: Aspecto real del MERGE Cube y su holograma en un teléfono móvil

Como característica final, cabe destacar que se pueden animar y programar los elementos con distintos lenguajes de programación, desde un lenguaje de bloques basado en Scratch, Coblocks, con TypeScript o con Python, de los cuales se explicarán los usados en el presente proyecto, en la sección 3.2.

## 3.2. Lenguajes de Programación

Un lenguaje de programación es un conjunto de reglas y símbolos que se utilizan para crear instrucciones que un ordenador puede entender y ejecutar para realizar tareas específicas.

Estas instrucciones son escritas por programadores en un lenguaje de programación y luego son traducidas a un lenguaje que el ordenador puede entender.

Los lenguajes de programación permiten a los programadores crear programas informáticos y controlar el comportamiento de un ordenador.

En este trabajo se han utilizado dos lenguajes de programación:

- **CoBlocks:** Para la realización de la mayoría de actividades y menús disponibles en la aplicación.
- **TypeScript:** Para la realización de algunos scripts como el del juego de Simón Dice de la actividad de Secuencias que resultaban muy complejos de realizar con CoBlocks y daba una solución más potente.

### 3.2.1. CoBlocks

CoBlocks es un lenguaje de programación visual basado en bloques que forma parte de CoSpaces.

Con sus bloques de colores fáciles de arrastrar y soltar, CoBlocks es la solución

ideal para que los usuarios más inexpertos e incluso estudiantes en edades tempranas o adolescentes aprendan paso a paso la lógica de la programación sin preocuparse de la semántica del lenguaje.

CoBlocks es una excelente manera de introducir a los usuarios en el mundo de la programación. Además de ser fácil de usar para principiantes, también ofrece opciones para programadores más avanzados que deseen agregar interacciones y eventos o incluso crear juegos.

Como aspecto negativo, se destaca que el entorno de desarrollo de Cospaces no

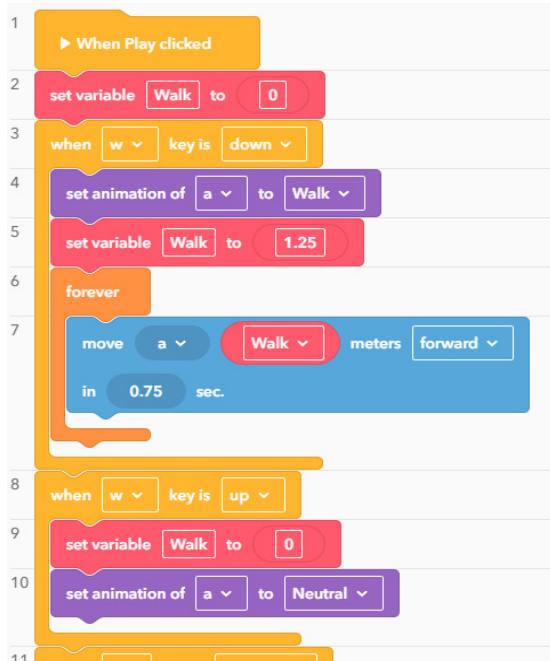


Figura 3.3: Ejemplo de código realizado en CoBlocks

tiene la posibilidad de activar la depuración si se están utilizando CoBlocks, ya que solo está disponible desde la consola del propio navegador utilizando la función incluida en el módulo Debug<sup>3</sup> y solo accesible mediante Scripts de Typescript o de Python.

De esta forma, la única opción de depuración posible es la activación de diálogos de los elementos 3D donde muestren, en tiempo de ejecución, por ejemplo, el valor de una variable que se desea consultar para verificar si se está realizando bien la traza del código y posee el valor deseado. Además, tampoco existe un control de versiones dentro de la plataforma por lo que los cambios que se realicen en el código no tienen un registro histórico, lo que puede llevar a pérdidas de código no deseadas o no poder revertir cambios erróneos.

<sup>3</sup><https://cospaces.io/api/modules/debug.html>

### 3.2.2. Typescript

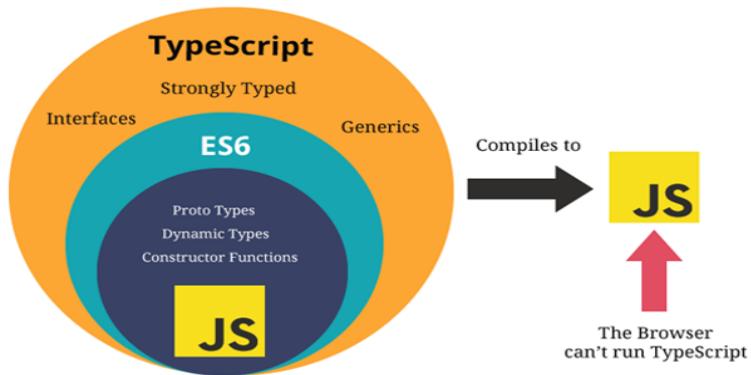


Figura 3.4: Esquema del conjunto formado por Typescript y Javascript

Typescript es un lenguaje de programación libre y de código abierto desarrollado por Microsoft. Es un superconjunto de JavaScript, lo que significa que es totalmente compatible con el primero, pero añade nuevas funciones, como por ejemplo, que tiene tipado estático (no es necesario definir las variables antes de su uso), permite definir tipos de datos o tiene objetos basados en clases.(Ver Figura 3.4) Typescript compila a JavaScript, lo que significa que se transforma en código JavaScript que puede ejecutarse en cualquier navegador o dispositivo. Typescript permite crear aplicaciones web más robustas y escalables, con un código más legible y fácil de depurar.

Es un lenguaje orientado a objetos y que permite usar clases, interfaces, herencia y módulos.

En el contexto de CoSpaces permite añadir interacción e inteligencia a los entornos 3D. Con Typescript, se puede acceder a la API<sup>4</sup> de CoSpaces, que es un conjunto de funciones y objetos que permiten manipular los elementos 3D del espacio. Por ejemplo, se puede hacer que un personaje se mueva, hable o cambie de color al pulsar un botón gracias al uso de los distintos módulos, clases e interfaces disponibles.

Para utilizar Typescript al igual que para utilizar los CoBlocks más avanzados en la plataforma de CoSpaces se necesita tener una cuenta PRO, la cual es una suscripción de pago, pero es una opción más acertada que CoBlocks en muchas situaciones así como más flexible y potente. Además, si se presentan ambos lenguajes para el mismo escenario, no es posible realizar tareas en las que un mismo elemento active dos funciones en distintos lenguajes. En este caso, solo se ejecutará una de las dos funciones y la otra quedará sin ejecutar.

<sup>4</sup><https://cospaces.io/api/>

---

```
function anotherCountdown(): void {
    textItem.opacity = 1
    if (currentCountdown != null) {
        currentCountdown.dispose()
    }

    timeRemaining = 4.0
    if (level == 4 ){
        timeRemaining = 6.0
    }
    //actualizamos el contador en el objeto TextBillboard
    textItem.text = timeRemaining.toString()

    // Ejecutamos la función cada segundo para actualizar la cuenta atrás
    currentCountdown = Time.scheduleRepeating(updateCountdown, 1.0)
};
```

Figura 3.5: Ejemplo de código realizado con Typescript

### 3.3. Navegadores

Un navegador web posibilita el acceso a la Web, permitiendo visualizar documentos alojados en otros dispositivos mediante Internet y descargar documentos HTML, mostrándolos en pantalla con imágenes, sonidos y otros recursos multimedia. El protocolo HTTP es el medio de comunicación entre el servidor web y el navegador, aunque también se soportan protocolos como FTP y HTTPS, este último requiere que el servidor web cuente con un certificado digital emitido por una Autoridad de Certificación, el cual asocia el nombre de una entidad con su clave pública. En el caso del presente proyecto se ha utilizado Google Chrome.

#### 3.3.1. Google Chrome

En la actualidad, hay múltiples opciones para utilizar como navegador web, pero el más usado por los usuarios es Google Chrome. Aunque su código es cerrado ya que es desarrollado por Google, se deriva de proyectos OpenSource.

Como se ha comentado anteriormente, se ha utilizado en el presente proyecto para la depuración de ciertas partes del código escrito en Typescript ya que era la única forma posible de hacerlo y asegurarse de que el código funcionaba de la manera esperada.

Aún así el modo de entrar a la consola era poco intuitivo sin conocer el atajo de teclado para acceder a ella (*Ctrl + Shift + J en Windows*), ya que la plataforma Cospaces funciona con Javascript y no era posible inspeccionar el elemento web directamente.

### 3.4. Herramientas de Administración de Proyectos



Figura 3.6: Consola de Google Chrome para desarrolladores

Además del apartado Consola, hay otros apartados disponibles como Elementos, Fuentes, Red o Rendimiento, destinados principalmente a otro tipo de proyectos más enfocados en las aplicaciones web, por lo que se escapan del alcance del presente proyecto y no se analizarán.

## 3.4. Herramientas de Administración de Proyectos

Actualmente, el desarrollo de Software se ha convertido en un proceso colaborativo en el que varios miembros del equipo trabajan juntos y al mismo tiempo en un mismo proyecto.

Para asegurar que el trabajo se realice de manera eficiente y sin conflictos, se han creado herramientas de gestión que permiten a los miembros del equipo trabajar en el mismo proyecto sin depender unos de otros.

Aunque estas herramientas se han diseñado principalmente para facilitar el trabajo en equipo, también pueden ser útiles para proyectos individuales. Aunque algunas de las funciones de asignación de tareas no serán necesarias, otras pueden ayudar al programador a organizar su trabajo y a mantener un registro de lo que ya ha hecho y lo que aún queda por hacer. De esta manera, el programador puede auto-organizarse, trabajar de manera más eficiente y no olvidarse de alguna idea que haya podido tener a lo largo del desarrollo.

### 3.4.1. Trello

Trello<sup>5</sup> es un software que se usa como herramienta para la gestión de proyectos, es altamente personalizable y está disponible tanto en versión web como en aplicación para iOS y Android.

<sup>5</sup><https://trello.com/es>

Se basa en el método Kanban (explicado más adelante) y permite crear tableros con listas de tarjetas virtuales que representan tareas o ideas.

Es muy fácil de usar, lo que la convierte en una herramienta líder en el sistema Kanban. Las tarjetas pueden tener diferentes colores, descripciones, *checklists*, comentarios y pueden estar asociadas a participantes del tablero.

Esta herramienta permite recrear un tablero Kanban completo con sus tres listas para organizar las tareas en diferentes etapas del proyecto, como 'Por hacer' (To Do) 'En proceso' (Doing) y 'Completado' (Done), lo que permite ver el flujo de trabajo y el progreso en el desarrollo de la aplicación, a su vez dentro de cada lista, se pueden crear tarjetas para cada tarea individual.

Además, si se trabaja con Scrum, también se suele añadir una lista que sea el artefacto llamado Product Backlog, donde se encuentran las historias de usuario según son creadas inicialmente.

Lo que hace que Trello sea realmente poderoso es su capacidad para colaborar en tiempo real. Los miembros del equipo pueden agregar todos los aspectos comentados anteriormente para organizar el flujo de trabajo (comentarios, etiquetas, fechas de vencimiento y archivos adjuntos a cada tarjeta), lo que facilita la comunicación y la colaboración.

Además, Trello se integra con muchas otras herramientas populares, como Slack<sup>6</sup>, Google Drive<sup>7</sup> y Dropbox<sup>8</sup>, lo que hace que sea aún más fácil de usar en conjunto con estas herramientas si ya son utilizadas en el equipo de desarrollo.

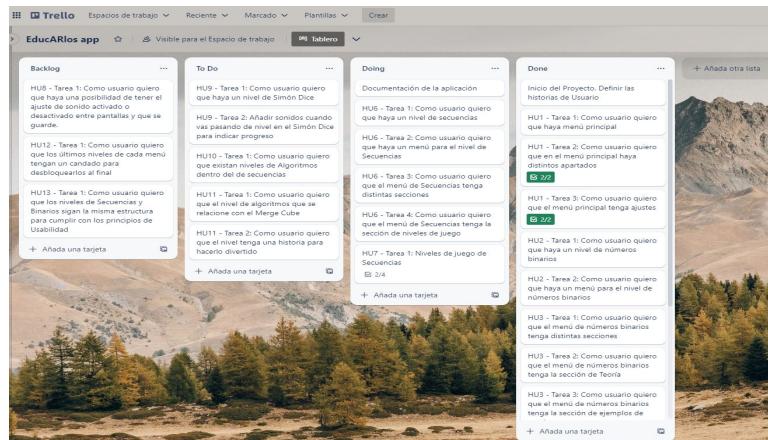


Figura 3.7: Tablero de Trello en una fase avanzada del desarrollo

En la figura anterior 3.7, se puede observar una imagen del tablero cuando el proyecto presentado estaba en una etapa de desarrollo avanzada ya que se pueden observar muchas tarjetas en el apartado de Done.

<sup>6</sup><https://slack.com/intl/es-es>

<sup>7</sup><https://drive.google.com/>

<sup>8</sup><https://www.dropbox.com/>

## 3.5. Herramientas de desarrollo multimedia

En el presente proyecto, se han utilizado las siguientes herramientas para la creación de diagramas y la edición de las imágenes presentes ya sea en la memoria o en la propia aplicación:

- Adobe Photoshop 2021<sup>9</sup>: Es un software de pago de edición de imagen desarrollado por la empresa Adobe Systems para dispositivos Windows y Mac Os.  
Es el más utilizado de forma profesional en la actualidad y posee una amplia variedad de herramientas para editar y retocar imágenes (elecciones precisas, máscaras, filtros, efectos o transformaciones), además, tiene una gran compatibilidad con distintos tipos de imágenes, lo que facilita la importación y exportación de las mismas.  
En el presente proyecto se ha utilizado para el recorte y retoque de imágenes y para eliminar el fondo de diversos *assets* utilizados para la programación de la aplicación.
- Draw.io<sup>10</sup>: Es una herramienta para la realización de todo tipo de diagramas (UML, de flujo, de procesos, de caso de uso). Es gratuita, accesible desde el navegador, desde la cual se pueden guardar los diagramas ya sea de forma local en el dispositivo o en Google Drive. Los diagramas pueden ser exportados a todo tipo de formatos (PDF, PNG, JPEG). En el proyecto se ha utilizado para la realización de la representación de las transiciones entre las pantallas disponibles en la aplicación y el diagrama de caso de uso de la aplicación.

### 3.5.1. Editor de Texto

En el presente proyecto se ha utilizado LaTeX para la realización de la presente memoria.

Es un lenguaje de marcado que está formado mayoritariamente por órdenes construidas a partir de comandos de TeX, un lenguaje de bajo nivel, permite el marcado lógico de documentos de forma que el formato se pueda generar automáticamente para realizar una documentación de calidad y que el autor solo tenga que centrarse en el contenido de la misma.

Es muy usado para la realización de artículos y libros científicos, ya que, entre otros elementos, incluye expresiones matemáticas.

---

<sup>9</sup><https://www.adobe.com/es/products/photoshop.html>

<sup>10</sup><https://app.diagrams.net/>

### 3.6. Metodologías de trabajo

Cada uno de los proyectos Software existentes son diferentes entre sí teniendo cada uno distintas necesidades a la hora de buscar una que se ajuste a ellos. La metodología de proyectos es un sistema de principios, técnicas y procedimientos utilizados por personas que trabajan en una misma disciplina para planificar y gestionar proyectos. Hay muchos tipos de metodologías de proyectos, pero todas tienen pasos básicos que incluyen la gestión de recursos, la coordinación del equipo de trabajo y la relación con todos los interesados en los resultados del proyecto.

Algunas de las metodologías más populares son la Ágil, el Modelo en cascada y PMBOK (Project Management Body of Knowledge). Cada una tiene sus propias características y se adapta mejor a diferentes tipos de proyectos. Se puede realizar el desarrollo de un proyecto utilizando diferentes metodologías, la elección de una u otra dependerá del tipo del proyecto en cuestión.

Por ejemplo, la metodología Ágil es colaborativa, rápida, efectiva e iterativa. Valora a las personas por encima de los procesos y se puede combinar con otras metodologías como Scrum o Kanban para crear un plan integral para entregar desarrollos de Software de alta calidad. Se diferencia de la metodología en cascada, cuyo uso fue el más extendido en el área del desarrollo Software desde los años 70 hasta prácticamente la actualidad debido a que derivaba de los procesos en la construcción, en que no es secuencial, ya que responde al cambio, ni tampoco se realiza de manera escalonada, por lo que una tarea no depende de su finalización para que comience la siguiente.

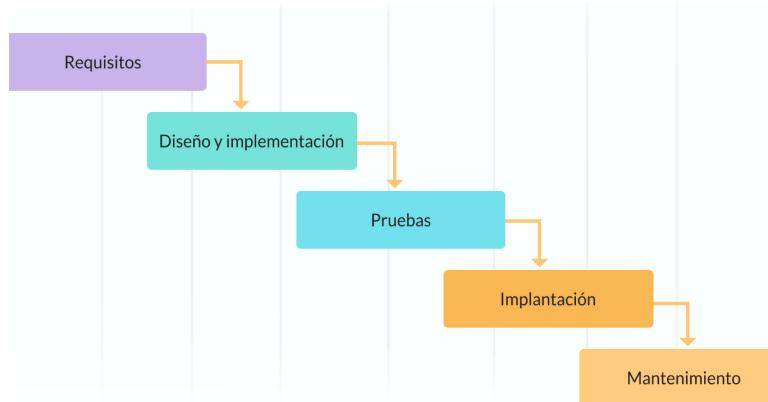


Figura 3.8: Metodología en cascada

La principal diferencia entre la metodología ágil y la PMBOK es que primera se centra en la flexibilidad y la adaptabilidad, mientras que la segunda se centra en la planificación y el control. La metodología ágil se basa en la idea de que

los proyectos son cambiantes, y que es necesario adaptarse a los cambios a medida que surgen, mientras que la idea de la metodología PMBOK es que los proyectos pueden ser planificados y controlados de manera efectiva si se siguen ciertos procesos y procedimientos.

En el caso del proyecto presente se ha realizado el desarrollo con una metodología de trabajo que no es iterativa pero sí incremental, siempre intentando estar lo más cerca posible de la agilidad.

Se ha seguido una metodología Kanban con ciertos toques añadidos de la metodología Scrum (Se ha añadido el product Backlog y no se han utilizado Sprints), uniendo las dos para formar lo que más se ajustaba a las necesidades en el momento del desarrollo, se explicarán las dos metodologías a fondo más adelante.

Con todo ello, se han intentado seguir todos los valores ágiles posibles, adaptados a la situación del proyecto (un único desarrollador y un único cliente (la tutora)). Los 4 valores ágiles que se incluyen en El Manifiesto Ágil son los siguientes:

- *El foco se debe poner sobre las personas y las interacciones en vez de procesos y herramientas:* No se ha podido aplicar ya que el equipo solo contaba con un desarrollador en el equipo de desarrollo.
- *El software funcionando es más importante que la documentación:* Se ha terminado el producto Software según las recomendaciones de la tutora antes de realizar la documentación.
- *Colaboración con el cliente sobre negociación contractual:* Con la tutora realizando el papel de cliente, se ha llegado a un Software como producto final que cumple con los objetivos propuestos por ella, después de estar en colaboración continua para su desarrollo.
- *Respuesta ante el cambio sobre seguir un plan:* Aunque se tenía un idea de producto inicial, éste ha sufrido cambios durante su desarrollo para ajustarse a las nuevas funcionalidades que el cliente (en este caso la tutora) ha considerado necesarias.

A continuación, se hará un resumen de las dos metodologías ágiles que se han utilizado en el proyecto.

#### 3.6.1. Scrum

Scrum es un marco de gestión de proyectos de metodología ágil que ayuda a los equipos a estructurar y gestionar el trabajo.

Scrum posee ciertas características en el llamado Marco de Scrum, que está formado por un conjunto de valores, principios y prácticas que los equipos de Scrum siguen para desarrollar el producto o servicio en cuestión.

Detalla los miembros de un equipo Scrum y sus responsabilidades así como los

---

llamados artefactos Scrum que definen el producto y el trabajo que hay que hacer para crearlo.

En el contexto de la presente memoria se han reducido algunos puntos de la metodología Scrum ya que el equipo de desarrollo solo cuenta con una persona y no se aprovechan ciertos puntos de la metodología que existen en otro tipo de proyectos reales como por ejemplo los Roles o las diferentes reuniones que se hacen con un mayor número de miembros, como las reuniones diarias o las Retrospectivas.

Se suele dividir el proyecto en Sprints, que son entregas parciales del producto final, en un principio la idea era realizar el proyecto de esta forma pero al no tener entregas parciales del producto con cierta fecha límite pero si una entrega final, se desechó esta posibilidad y se acabó por realizar todo en un mismo "Sprint" de forma que se tiene un flujo continuo hasta el final del desarrollo.

En cada Sprint se añaden las llamadas historias de usuario, que son las tareas complejas de desarrollo que se convierten en manejables ya que se suelen sintetizar en una frase.

Un aspecto que si se ha aprovechado es la utilización del llamado Backlog del Producto, que es básicamente la lista de "tareas que hay que hacer" del equipo de desarrollo, consiste en una lista dinámica de funciones, requisitos, mejoras y correcciones que definen el producto en cuestión que se está desarrollando.

No obstante, al no tener un propietario de Producto (Product Owner) definido en el presente proyecto, se ha tenido que hacer cargo del Backlog el propio programador del equipo de desarrollo, manteniendo el Backlog actualizado a medida que se cambiaban los requisitos correspondientes.

### **3.6.2. Kanban**

Kanban es la principal metodología usada en el presente proyecto. Kanban es una palabra japonesa que significa "tarjetas visuales" (kan significa visual, y ban tarjeta). Es un sistema de gestión del trabajo de forma visual y se utiliza para controlar el avance del trabajo en el tiempo. No es una técnica que solo sea reducida al desarrollo Software, se puede utilizar en cualquier disciplina o situación para ver el flujo y la rapidez de completitud de tareas en el tiempo, pero en los últimos años se ha utilizado más en proyectos Software, a menudo con Scrum, lo que se conoce como Scrumban. La metodología Kanban sigue tres reglas principales:

1. Visualizar el trabajo y su flujo: Se han utilizado tarjetas Trello con los apartados de To Do, Doing y Done, indicando las tareas terminadas y las que quedan por realizar según el paso del tiempo.
2. Determinar el límite del trabajo en curso: El trabajo en curso (Work In Progress o WIP) debería estar limitado por lo que el número máximo de tareas que se deben realizar en cada momento debe ser un dato conocido,

en el caso del presente proyecto se han utilizado las tarjetas de Trello que se encuentran en la columna Doing para medir el WIP de cada momento y que este no pase de una cierta cantidad que en algún punto, llegue hasta a ralentizar el trabajo.

3. Medir el tiempo en completar una tarea: Para ello en la definición de requisitos que se expondrá en los próximos puntos de la presente memoria se ha medido la importancia de cada tarea, la estimación del esfuerzo en completarla y el riesgo que supone no tener dicha tarea en la implementación final para realizar el desarrollo de forma más óptima posible.

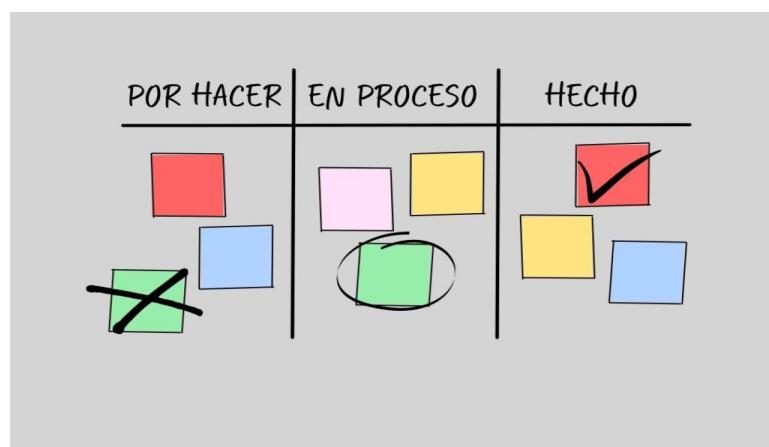


Figura 3.9: Ejemplo de Metodología Kanban con Post-Its

### 3.7. Metodologías para el diseño de la usabilidad

Para la realización del proyecto se ha hecho hincapié en seguir unos ciertos principios de usabilidad universales para que cualquier tipo de usuario se sienta cómodo navegando por la aplicación, así como se ha hecho una investigación sobre como se pueden aplicar los 10 principios de Nielsen, ya que fueron publicados en 1994 por Jakob Nielsen y actualmente es considerada la base más sólida para evaluar las interfaces de usuario.

- Uno de los principios más básicos y esenciales que se han considerado para dar soporte a la usabilidad de la aplicación ha sido la **facilidad de aprendizaje**. Para llevar a cabo este principio, se decidió que la interfaz de la aplicación debe ser sencilla e intuitiva desde el menú principal hasta el final, donde los botones presentes en el MERGE Cube sean iguales entre pantallas y estén distribuidos de la misma manera, para hacer fácil la navegación por la misma.

- 
- También, la aplicación que se ha desarrollado tendrá muy presente el principio de **Familiaridad**, ya que a la hora de seleccionar los iconos como el de los ajustes de usuario se utiliza un engranaje. Es bien sabido, que la mayoría de aplicaciones actuales utilizan ese ícono para referirse a la pantalla de ajustes, también, a la hora de querer escuchar la explicación por voz de una sección en concreto de la aplicación simplemente aparece un ícono de un altavoz, que también es universal para referirse al volumen, para añadir otro ejemplo más, en todas las pantallas de los niveles se puede acceder al apartado de ayuda con una interrogación, ícono bastante común en juegos para ayudar al usuario en caso de que tenga dudas.
  - Para el principio de **Consistencia**, se ha añadido una navegación adecuada por la aplicación gracias a la cual se puede acceder o salir de cualquier apartado en todo momento para no quedarse atascado, así como se ha asegurado que se pueda volver desde cualquier sitio al menú de selección de niveles y el usuario siga teniendo guardado su progreso, sin importar que ruta siga o que niveles haya completado.
  - Para el principio de **Flexibilidad**, se han incluido cuadros de diálogo, a través de los cuales la aplicación se comunicará con el usuario si realiza una acción incorrecta, como podría ser equivocarse al elegir una secuencia de pasos incorrecta en el nivel de secuencias.
  - Para aplicar el principio de **Robustez**, se han realizado las pruebas pertinentes para determinar que la aplicación no tiene errores dentro de las funcionalidades implementadas, así como que los tiempos de respuesta de las acciones sean cortos para que la aplicación sea poseedora de cierta fluidez, también para incluir al mayor número de usuarios posibles y pensar en todo tipo de casos a los que les puede llegar la aplicación.

En las diez heurísticas de usabilidad de Nielsen se pueden diferenciar cuatro bloques: cumplir las expectativas, permitir que el usuario sea el jefe, poder gestionar los errores y mantener la aplicación simple.

A continuación, en la Tabla 3.1, se muestran las heurísticas de usabilidad de Nielsen y sus distintas aplicaciones dentro de la aplicación presentada.

### 3.7. Metodologías para el diseño de la usabilidad

---

Tabla 3.1: Resumen con los Principios de usabilidad de Jakob-Nielsen y su aplicación en “EducARlos”

Principio de Usabilidad de Nielsen	Aplicación en EducARlos
Reflejar el mundo real	Icono de engranaje para ajustes Señal de salir indicada con flechas Botones de volumen/mute con icono de altavoces.
Mantener la consistencia y seguir los estándares	El diseño es consistente ya que se ha utilizado la misma distribución en las interfaces de los niveles disponibles, promoviendo que el usuario sepa las opciones que le da la interfaz nada más verla.
Proporcionar ayuda y documentación	Icono de ayuda con explicación del nivel presente en cada una de las pantallas con un símbolo de interrogación, tanto por audio como por texto.
El usuario debe tener control y libertad de uso	El usuario puede realizar las secciones en el orden que desee, ya sea primero números binarios o secuencias, sin importar el orden, incluso cambiando de nivel sin haber completado el anterior.
El estado del sistema debe ser siempre visible	En todas las pantallas disponibles en la aplicación se proporciona información de donde está el usuario y se le dan las indicaciones necesarias para continuar.
Prevención de Errores	Si el usuario se equivoca eligiendo la secuencia correcta para pasar el nivel, se le avisará y se le dirá que lo intente de nuevo.
Promover reconocimiento de elementos antes que su recuerdo	Si el usuario se olvida de que el nivel al que está intentando acceder tiene un candado, se le recuerda y se le dice el nivel que tiene que desbloquear antes de acceder.
Ayudar siempre al usuario con los errores	En el segundo ejercicio de Algoritmos, aunque el usuario se equivoque con la solución más óptima, se le ayuda con un texto explicativo para que lo entienda como un aprendizaje, no como un error.
El diseño debe ser estético y minimalista	Se ha intentado realizar la interfaz lo más intuitiva posible, sin añadir más información de la estrictamente necesaria.

A continuación, se explicarán las metodologías utilizadas para el diseño de accesibilidad.

---

### 3.8. Metodologías para el diseño de la accesibilidad

La accesibilidad, según la RAE<sup>11</sup>, es la condición que deben cumplir los entornos, productos y servicios para que sean comprensibles, utilizables y practicables por todos los ciudadanos, incluidas las personas con discapacidad. Con lo que se puede entender que para cumplir esta condición tenemos que hacer que la aplicación sea accesible por el mayor número de personas, sea cual sea su condición física y cognitiva.

Para el estudio de la accesibilidad, se han tratado principalmente cinco principios que se cumplen en mayor o menor medida ya que uno de ellos como se explicará más adelante ha sido imposible llevarlo a cabo por limitaciones de la plataforma.

- El primer principio de accesibilidad es que la aplicación sea **Perceptible**. El objetivo de este principio es que toda la información y los componentes de la interfaz de usuario se presenten a los usuarios de forma que estos puedan percibirlos a través de los sentidos, por ejemplo, para personas que poseen algún tipo de problema de visión se han implementado las versiones en audio de todos los carteles y textos disponibles en la aplicación, que el usuario tendrá disponibles simplemente haciendo clic en el botón representado con un altavoz. Los carteles y las letras tienen contraste definido para que todo sea más perceptible a la vista y en la propia interfaz se dan todos los detalles que el usuario tiene que conocer para interactuar con la aplicación sin sobrepasar la información necesaria.
- También, se ha tenido en cuenta el principio de que sea **Operable**, este principio dicta que la navegación ha de ser manejable, es decir, se debe poder acceder al contenido desde cualquier dispositivo de apoyo. En el caso de la aplicación presentada, MERGE Cube, que es su parte principal, se puede tener tanto como marcador físico para proyectar la RA como se puede simular, por lo que se puede acceder a ella desde la mayoría de dispositivos actuales, debido a que la plataforma en la que se apoya, Cospaces, está disponible en una gran variedad de dispositivos, desde un ordenador con su plataforma web hasta un Smartphone con su aplicación (Android con versión mayor a la 4.4 o iOS).
- Para el principio de que sea **Comprensible**, el cual dicta que el contenido que proporcionemos ha de ser claro y fácil de interpretar, sin dar lugar a confusiones o equivocaciones, se ha cuidado la sintaxis de los diálogos y de las explicaciones, tanto en texto como en vídeo, para que sean claros y concisos pero que sean divertidos y agradables para la franja de edad

---

<sup>11</sup><https://dpej.rae.es>

### 3.8. Metodologías para el diseño de la accesibilidad

---

objetivo de la aplicación (niños de unos 8-9 años en época de enseñanza primaria).

- Otro principio dicta que el desarrollo ha de ser **Robusto**, por lo que se ha de maximizar la compatibilidad con los agentes de usuario actuales y futuros, incluidas las tecnologías de asistencia. Para ello la aplicación presentada depende del desarrollo futuro de la plataforma Cospaces, que actualmente está actualizándose cada poco tiempo y se intuye que seguirá dando un mayor soporte con el paso del tiempo por lo que la aplicación seguirá siendo totalmente operativa.
- El único principio que no se ha cumplido ha sido el de **Internacionalización**, debido a que los diálogos se han realizado en Castellano y por las limitaciones que tendría la plataforma Cospaces a la hora de cambiar los diálogos de un idioma a otro en tiempo de ejecución sería una tarea complicada de realizar, se podría dejar la traducción de los textos a Inglés para futuras contribuciones y llegar a un mayor número de usuarios.

# Capítulo 4

## Descripción Informática

En este capítulo se describirán los aspectos de alto nivel del desarrollo de la aplicación. Se empezarán con los requisitos Software, tanto funcionales y no funcionales que debe cumplir el proyecto y se analizarán algunos aspectos importantes de diseño y de implementación.

### 4.1. Especificación de requisitos

Como anteriormente se ha comentado, se ha utilizado una metodología que se acerca al desarrollo ágil basada en algunos aspectos de la metodología Scrum y la metodología Kanban, para la especificación de requisitos se creó el Product Backlog, donde como se ha dicho antes se encuentran todas las Historias de Usuario, algo así como "sus deseos". Se suelen expresar con la sintaxis de "Como «rol» quiero «acción/evento» para hacer «una funcionalidad»". Por ejemplo, Como usuario quiero poder acceder al menú principal.

En cada historia de usuario se tienen 3 valores principales, que se encargan de la priorización del Product Backlog:

- **El valor que le da el cliente (V):** Dicta el valor para el usuario final de la historia de usuario, en otras palabras, la importancia que tiene. Es lo que todo equipo busca ágil busca maximizar y se suele medir con números, en este caso se ha utilizado una escala de 5 valores, ordenados de mayor a menor, 20, 40, 60, 80 y 100.
- **La estimación del esfuerzo para realizar la Historia de Usuario (E):** Se ha realizado siguiendo una técnica de estimación conocida como Planning Poker, donde se asignan unos determinados Puntos a cada Historia, (llamados Puntos de Historia) que simbolizan el esfuerzo en días para terminarla, en el caso de desarrollos más grandes se realiza con tarjetas donde cada miembro del equipo escribe el número que considera conveniente, pero en este caso, al ser sólo un programador, se ha decidido por decisión unánime.
- **El riesgo técnico (R):** Consiste en medir cómo afecta al sistema tener o tener implementada cierta funcionalidad. Se mide con Riesgo bajo, medio o alto.

En las historias de usuario también es frecuente tener unos criterios de aceptación, que describen las condiciones mínimas que deben cumplir las HU para ser aceptadas. A continuación, se definen de forma detallada los distintas Historias de Usuario con los requisitos que deben cumplir, tanto funcionales (RF) que son los que especifican lo que debe hacer un sistema, como No funcionales (RNF) que especifican cómo debe comportarse el sistema, con el formato descrito previamente:

Tabla 4.1: Historia de usuario 1

H1: Como usuario quiero jugar a EducARlos		
V = 100	E = 30	Riesgo Alto
Criterios de aceptación:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptar sonido según preferencias del usuario.</li> <li>- Personalizar personaje.</li> </ul>		

- RF1: Como usuario quiero tener un menú principal en la aplicación.
- RF2: Como usuario quiero tener distintos niveles y actividades para elegir.
- RNF1: La aplicación debe tener distintos niveles y actividades disponibles para aprender competencias STEM.
- RNF2: La aplicación debe dividir las secciones disponibles entre teoría y niveles de juego desbloqueables.
- RNF3: La aplicación debe usar el MERGE Cube.
- RNF4: La aplicación debe utilizar la RA con el MERGE Cube como marcador.
- RF3: Como usuario quiero que se muestre la ayuda en todos los menús existentes.
- RF4: Como usuario quiero tener un apartado de configuración, con aspectos como el sonido o la personalización. del personaje.

Tabla 4.2: Historia de usuario 2

H2: Como usuario quiero tener una sección de juegos de números binarios		
V = 80	E = 15	Riesgo Alto
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distintos niveles.</li> <li>- Subir dificultad según se avanza en el juego</li> <li>- Tener un acertijo final.</li> </ul>		

- 
- RF5: Como usuario quiero tener distintos ejercicios de preguntas de números binarios.
  - RF6: Como usuario quiero tener un acertijo final relacionado con números binarios.
  - RF7: Como usuario quiero tener una sección de ayuda en todos los apartados de números binarios.
  - RF8: Como usuario quiero que la dificultad suba según se van desbloqueando los niveles.
  - RF9: Como usuario quiero una explicación breve del objetivo buscado antes de cada nivel de números binarios.

Tabla 4.3: Historia de usuario 3

H2: Como usuario quiero tener una sección de juegos de secuencias		
V = 80	E = 15	Riesgo Alto
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distintos niveles.</li> <li>- Subir dificultad según se avanza en el juego</li> <li>- Tener un nivel final.</li> </ul>		

- RF10: Como usuario quiero tener distintos ejercicios de preguntas de secuencias.
- RF11: Como usuario quiero tener una sección de ayuda en todos los apartados de secuencias.
- RF12: Como usuario quiero que los ejercicios vayan subiendo de dificultad progresivamente, para acabar explicando implícitamente el concepto de algoritmo.
- RF13: Como usuario quiero tener un nivel final especial desbloqueable relacionado con secuencias.
- RF14: Como usuario quiero una explicación breve del objetivo buscado antes de cada nivel de secuencias.

Tabla 4.4: Historia de usuario 4

H4: Como usuario quiero disfrutar de ayudas en el juego		
V = 40	E = 10	Riesgo Bajo
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ayuda personalizada para los distintos niveles.</li> <li>- Mostrar ayuda en todos los apartados y menús</li> </ul>		

#### 4.1. Especificación de requisitos

---

- RF15: Como usuario quiero una ayuda en forma de vídeo en el menú principal que explique como usar la aplicación.
- RF16: Como usuario quiero una ayuda personalizada en cada nivel, ya sea en vídeo o en texto.
- RF17: Como usuario quiero tener acceso en cualquier momento a la pantalla de ayuda con un ícono familiar para el usuario, como por ejemplo, una interrogación.

Tabla 4.5: Historia de usuario 5

H5: Como usuario quiero una interfaz intuitiva, amigable y sencilla		
V = 60	E = 5	Riesgo Bajo

- Cumplir principios de accesibilidad y usabilidad.
  - Temáticas amigables para usuarios de edades tempranas
- 

- RNF7: La interfaz de la aplicación debe seguir los estudios de accesibilidad y usabilidad descritos previamente.
- RNF8: La interfaz de la aplicación debe ser diseñada para usuarios de edad para cursar educación primaria.
- RF18: La aplicación debe contar con iconos familiares para cualquier tipo de usuario.

Tabla 4.6: Historia de usuario 6

H6: Como usuario quiero navegar por la aplicación de forma fluida		
V = 40	E = 10	Riesgo Bajo

- Navegación familiar e intuitiva en toda la aplicación.
  - Botones para ir hacia atrás y hacia delante
- 

- RF19: Como usuario quiero que la aplicación aproveche las caras del MERGE Cube para la disposición adecuada de los botones.
- RF20: Como usuario quiero que exista la oportunidad de volver atrás en cualquier pantalla o nivel, para no quedar atascado.
- RF21: Como usuario quiero que las secciones de la aplicación posean la misma estructura.

- 
- RF22: Como usuario quiero que los botones importantes como el de atrás o avanzar estén en lugares visibles y siempre se encuentren en el mismo lugar para favorecer la navegación y la familiaridad.

Tabla 4.7: Historia de usuario 7

---

H7: Como usuario quiero que las secciones de la aplicación tengan apartado de teoría		
V = 20	E = 5	Riesgo Bajo

---

- Audio y texto disponible para la explicación.
  - Ejemplos visuales de los conceptos
- 

- RF23: Como usuario quiero el apartado de teoría este disponible tanto en audio como en texto.
- RF24: Como usuario quiero que el apartado de teoría esté dividido en explicación y ejemplos.
- RNF9: El apartado de teoría de la aplicación debe aprovechar el MERGE Cube y la RA para explicar mejor los conceptos.

Tabla 4.8: Historia de usuario 8

---

H8: Como usuario quiero que la aplicación tenga el estilo de Breakout Educacional		
V = 80	E = 10	Riesgo Medio

---

- Código para desbloquear el nivel final como recompensa.
  - Cada nivel arroja un número que acaba formando el código
- 

- RF25: Como usuario quiero desbloquear el último nivel de cada sección con un código.
- RF26: Como usuario quiero que cada nivel completado en una sección arroje un número el cual formará, en orden, el código del candado final.
- RF27: Como usuario quiero que, cuando se superen todos los niveles de una sección, aparezca un cuestionario preguntando cuál es el código correcto para desbloquear el último nivel.
- RF28: Como usuario quiero que la aplicación ofrezca más oportunidades de obtener el código si no se acierta la primera vez, para favorecer la superación.

Tabla 4.9: Historia de usuario 9

H9: Como usuario quiero que exista un método de desbloqueo de niveles		
V = 60	E = 10	Riesgo Alto
- Ir desbloqueando los niveles a medida que se avanza en el juego.		
- Indicar el progreso al usuario		
- Permitir salir antes de terminar el nivel y guardar el progreso		

- RF29: Como usuario quiero que, en un principio, la aplicación solo tenga disponible el primer nivel de cada sección, además de la teoría.
- RF30: Como usuario quiero que exista la oportunidad de desbloquear los niveles a medida que se avance en las actividades disponibles para reflejar el progreso.
- RF31: Como usuario quiero que la aplicación muestre o no un candado, dependiendo de si se ha desbloqueado o no el nivel, en caso afirmativo, se dejará acceder al nivel las veces que el usuario desee.

Tabla 4.10: Historia de usuario 10

H10: Como usuario quiero saber cuando he finalizado un nivel		
V = 60	E = 3	Riesgo Medio
- Mensaje personalizado por cada nivel por parte del modelo 3D guía.		
- Mostrar número del candado correspondiente a ese nivel		

- RF32: Como usuario quiero que la aplicación informe al usuario que ha terminado un nivel, ya sea con una animación o un texto.
- RF33: Como usuario quiero que el personaje 3D de ayuda diga el número del candado cuando se acabe el nivel.
- RF34: Como usuario quiero que aparezca un botón de avance para continuar con el juego cuando se acabe el nivel.

Como se ha mencionado anteriormente, se ha utilizado la técnica de estimación llamada Planning Poker, que permite ver cuánto se va a tardar en realizar una historia de usuario. A continuación se muestra un resumen de todas las historias de usuario resultantes con su estimación y su valor de negocio para el cliente.

---

Tabla 4.11: Resumen de los valores de negocio de las historias de usuario

HU	Estimación	Valor para el cliente
1	30	100
2	15	80
3	15	80
4	10	40
5	5	60
6	10	40
7	5	20
8	10	80
9	10	60
10	3	60

## 4.2. Diagrama de Transiciones entre pantallas

A continuación, en la Figura 4.1, se muestran las distintas conexiones y la posible navegación que un usuario podría realizar entre pantallas para disfrutar de la aplicación EducARlos.

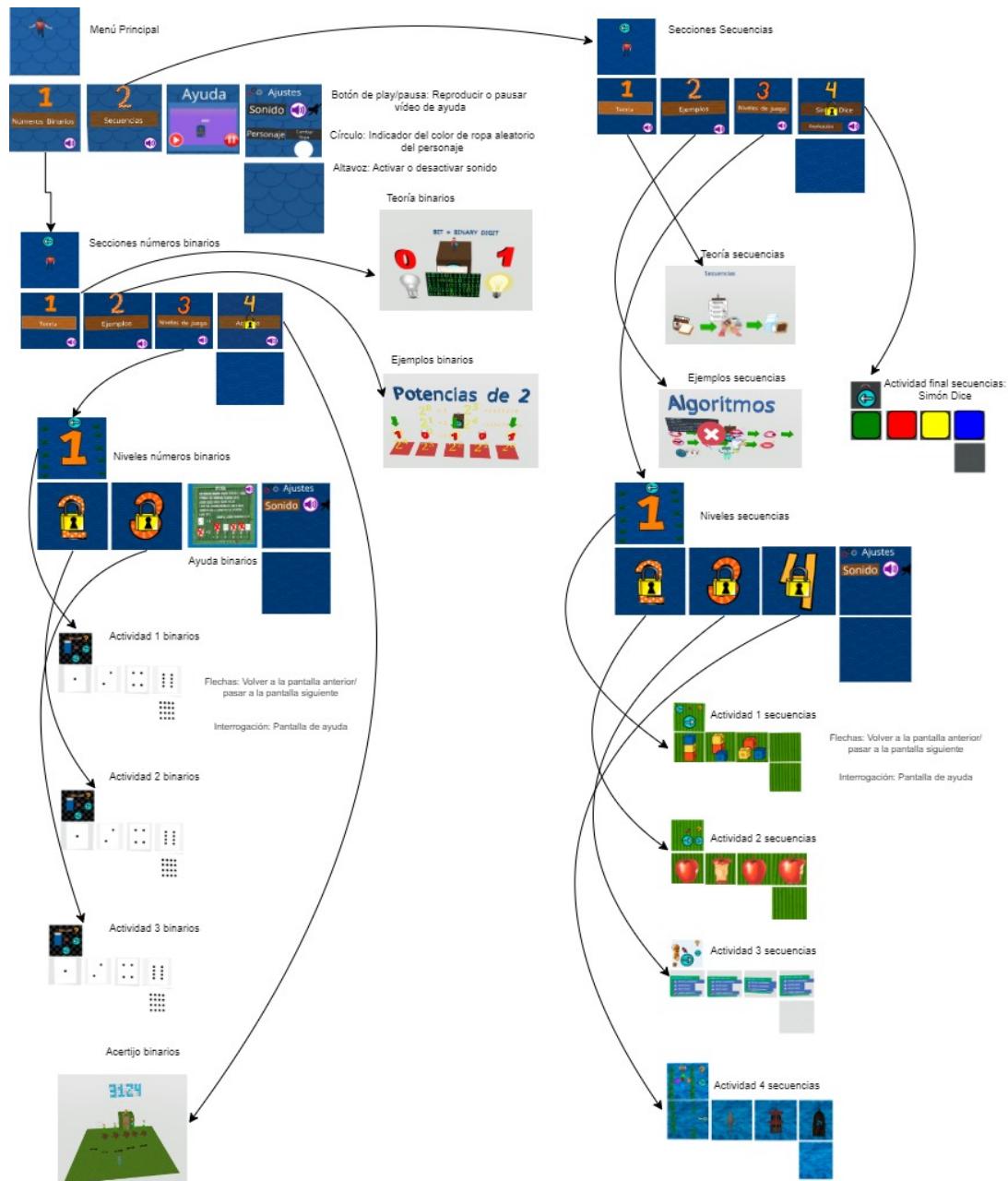


Figura 4.1: Representación de las transiciones entre pantallas de la aplicación EducARlos

### 4.3. Diagrama de caso de uso

A continuación, en la Figura 4.2, se presenta el diagrama de caso de uso de la aplicación EducARlos, donde un usuario navega correctamente por la aplicación, adquiriendo los conocimientos STEM propuestos y divirtiéndose jugando con la RA.

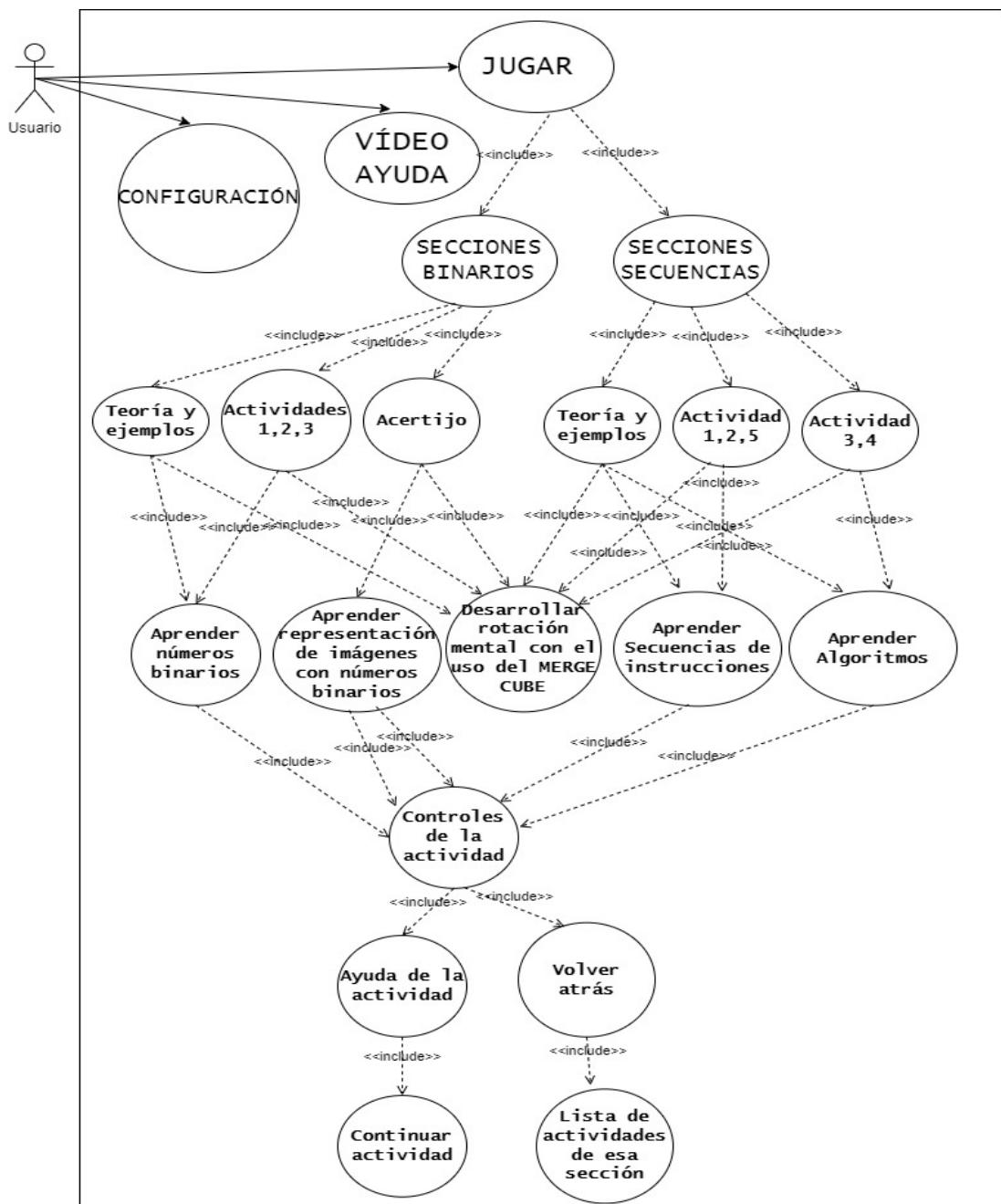


Figura 4.2: Diagrama de caso de uso de la aplicación EducARlos

## 4.4. Conceptos que se enseñan en la aplicación

En EducARlos, el principal propósito es que el estudiante aprenda algunos conceptos STEM, normalmente relacionados con la programación y el pensamiento computacional. A continuación se enumera lo que se espera aprender en cada sección de la aplicación.

- Sección sobre números binarios: En la primera sección, se tienen primamente la teoría y 3 niveles distintos en la pantalla de selección de nivel para ir desbloqueando progresivamente, los cuales están inspirados en la idea original del libro CS Unplugged<sup>1</sup>, que trata de una serie de ejercicios para aprender conceptos relacionados con la informática sin necesidad de utilizar un ordenador.

En este apartado se tendrá el cubo con botones representados por las tarjetas en todas sus caras, cada una representando un número binario (1,2,4,8,16), teniendo como máximo 5 bits para formar el número final.

El estudiante deberá pulsar todas las tarjetas para formar el número binario pedido por el ejercicio, además, como se indica en la ayuda, para indicar si quiere que el número sea 1 o 0 simplemente dará otro clic para que aparezca una X encima, para hacerlo todo más visual.

En esta sección el estudiante aprenderá conceptos de pensamiento algorítmico, por ejemplo, a la hora de convertir un número decimal en uno binario, ya que se utiliza un proceso que se realiza paso a paso y que si se sigue el proceso adecuadamente, sirve para cualquier número.

Además, se aprenderán conceptos relacionados con la descomposición, un término muy famoso en programación, relacionado con el famoso "*Divide y vencerás*" muy utilizado en algoritmia, ya que se separa la conversión del número en pasos de un bit cada vez, ya que se pregunta en la cabeza del usuario "Esto debería ser 0 o 1" para cada una de las cartas, lo que descompone el problema en pequeños pasos.

También, se potencia el pensamiento lógico, debido a que una vez que el usuario sabe el número que representa cada carta binaria, puede utilizar este conocimiento adquirido para averiguar por sí mismo cómo se representa cualquier otro número con las cartas dadas.

En el apartado del nivel final de números binarios, se aprende el concepto de representación de imágenes con números binarios, debido a que consiste en un acertijo basado en el libro de desafíos internacionales sobre pensamiento computacional, Bebras<sup>2</sup>, donde se tiene una contraseña en una imagen codificada como un mapa de bits y el usuario debe descifrarla para terminar el acertijo (más adelante se darán más detalles con imágenes).

---

<sup>1</sup><https://www.csunplugged.org/es/>

<sup>2</sup><https://www.bebras.org/>

- 
- Sección sobre secuencias: En esta sección, se ha optado por seguir un enfoque de dificultad ascendente, para acabar explicando varios conceptos implícitamente.

Se empieza teniendo la sección de teoría donde se explican los términos de secuencia, que no es más que una sucesión de pasos ordenados para completar una tarea, y algoritmo, acompañada por el primer nivel de juego desbloqueado que consiste en formar en orden una secuencia de la vida cotidiana como formar una pila de cubos de colores en orden o comerse una manzana.

Cuando se van desbloqueando los siguientes niveles, se acaba llegando al nivel de algoritmo, que no es más que una secuencia de pasos lógicos para resolver un problema, por lo que se aprovecha el concepto de secuencia para explicarlo y llevar el conocimiento aprendido con la aplicación un paso más allá.

En el tercer nivel, el usuario tiene que decidir qué algoritmo es el más adecuado para que un tigre se desplace de forma correcta por un mapa y coma un filete de carne.

En el cuarto nivel, el usuario debe mover un personaje, representado por un pirata, utilizando el cubo, para obtener una llave. Al llegar a la llave se le pregunta sobre qué camino ha escogido, ya que existen dos caminos posibles para llegar, dependiendo del elegido se le da una respuesta u otra, pero nunca indicándole que se ha equivocado, ya que se busca la retroalimentación y no la frustración.

Se podría decir que se introduce implícitamente el concepto de ramificación, que consiste en tomar una decisión dependiendo de lo que piense el usuario que es lo adecuado en ese momento.

En el caso de la programación, se tienen varios caminos distintos para llegar a la misma solución, siendo simplemente unos mejor que otros, al igual que pasa en el juego descrito, donde hay un camino más óptimo que otro pero son los dos igual de válidos para el cometido pedido.

En este nivel, además de los conceptos explicados anteriormente, se potencian las habilidades espaciales del usuario, sobretodo la rotación espacial, debido a que se tiene que utilizar el cubo para desplazarse por las caras y mover al personaje de forma adecuada hasta llegar a la llave.

En el último nivel, el cual es desbloqueable con un código obtenido al completar con éxito los niveles anteriores al igual que en la sección de números binarios, nos encontramos un Simón Dice, una versión del popular juego adaptado al MERGE Cube, donde el usuario tendrá que seguir y acertar un patrón de colores aleatorio que se irán iluminando en el cubo para completar el nivel, siendo ésta una buena forma de aprovechar lo que se ha aprendido previamente con el concepto de secuencia en forma de juego, lo que aumenta la diversión y el interés del usuario.

## 4.5. Interfaz y diseño de la aplicación

La aplicación EducARlos está pensada para dispositivos móviles, en modo horizontal, para poder disfrutar de la RA y de los diálogos de forma adecuada. También se puede jugar en ordenador, pero con el modo de RA simulada, lo hace que se pierdan algunas funcionalidades importantes, como la interacción del usuario con el cubo real.

Para jugar a la aplicación se debe descargar CoSpaces desde la tienda de aplicaciones del dispositivo, ya sea de Google<sup>3</sup> o de Apple<sup>4</sup>, e introducir un código de clase que permite el acceso a la aplicación.

Se necesita conexión a Internet ya que no se puede jugar de forma local, al tener que descargar todo lo necesario para el funcionamiento de la aplicación desde la propia plataforma.

Lo primero que el usuario observa nada más entrar en la aplicación es el menú principal (Figura 4.3), donde se tienen las distintas secciones disponibles, así como un apartado de ajustes.

El modelo 3D situado en la parte superior del cubo indica los pasos que se han de seguir y en qué sección se encuentra el usuario en todo momento por si se encuentra perdido.

Asimismo, se tiene un ícono de altavoz en cada una de las secciones, que al pulsarse emite una descripción por voz del cartel de la sección en cuestión.



Figura 4.3: Menú Principal de EducARlos

Además, como se ha comentado anteriormente, se tiene el menú de ajustes (Figura 4.4), donde se tienen los aspectos de configuración del sonido y, en el caso del

<sup>3</sup><https://play.google.com/store/apps/details?id=delightex.cospaces.edu>

<sup>4</sup><https://apps.apple.com/es/app/cospaces-edu/id1224622426>



Figura 4.4: Ajustes del menú principal Figura 4.5: Vídeo de ayuda en el menú principal

menú principal, se tiene además la posibilidad de personalización del personaje, donde el usuario podrá cambiar la ropa del personaje principal aleatoriamente (además se indica el color) y el ajuste se quedará guardado entre las pantallas del juego.

Se podrá volver en todo momento y desde todas las pantallas al menú principal, por si el usuario desease cambiar de nuevo el color de la vestimenta del personaje. Se ha de añadir que en un principio se consideró la idea de dejar elegir al usuario el género del personaje principal para hacer todavía más personal la experiencia, pero debido a las limitaciones de programación en la plataforma Cospaces y debido a que se tendrían que cambiar todos los diálogos del juego dependiendo del género escogido, ha resultado totalmente imposible de realizar, por lo que se ha dejado la máxima "libertad" para que con todo esto el usuario sienta la experiencia más suya.

Para finalizar este apartado, se tiene el vídeo de ayuda (Figura 4.5) en la parte posterior de MERGE cube, que consta de un vídeo explicativo sobre como navegar por la aplicación y los objetivos propuestos.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, educARlos posee dos secciones principales, números binarios y secuencias, donde las dos tienen el mismo esqueleto con teoría, ejemplos, niveles de juego y un nivel bloqueado que se desbloqueará con un código habiendo superado el resto de niveles de la sección.

- Sección de números binarios: Está centrada en la enseñanza de lo que son los números binarios y sus distintos usos (ver Figura 4.6):

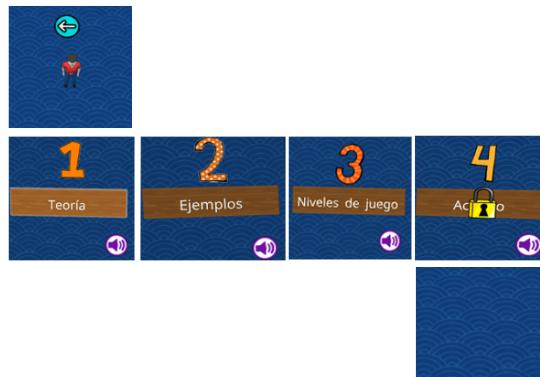


Figura 4.6: Sección de números binarios en EducARlos

- a) Teoría: Breve explicación introductoria de qué son los números binarios y donde los podemos encontrar, así como introduce la metáfora de que una bombilla apagada significa que el número binario es igual a 0 y una bombilla encendida significa que es igual a 1. Tiene disponible tanto la versión con audio como por texto.



Figura 4.7: Apartado de teoría de números binarios

- b) Ejemplos: Muestra un ejemplo representativo en 3D delante del cubo de como realizar la conversión de números decimales a binarios y cómo las potencias de 2 son importantes en el proceso.

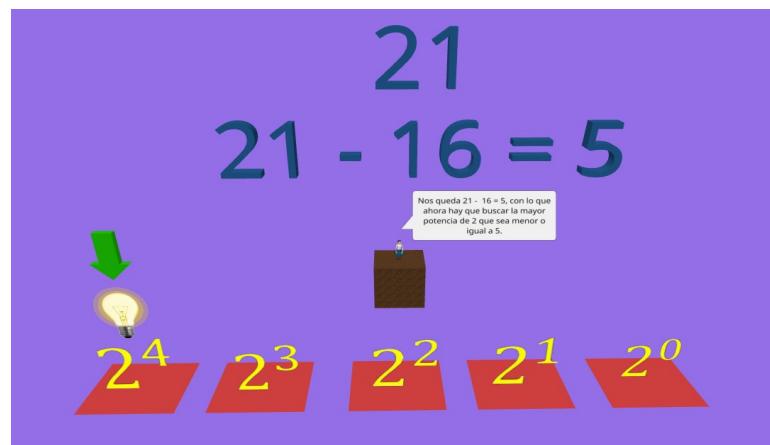


Figura 4.8: Apartado de ejemplos de teoría de números binarios

c) Niveles de juego: Muestran los niveles centrados en el aprendizaje de la conversión de números binarios, dividido en las siguientes secciones (Ver Figura 4.9):

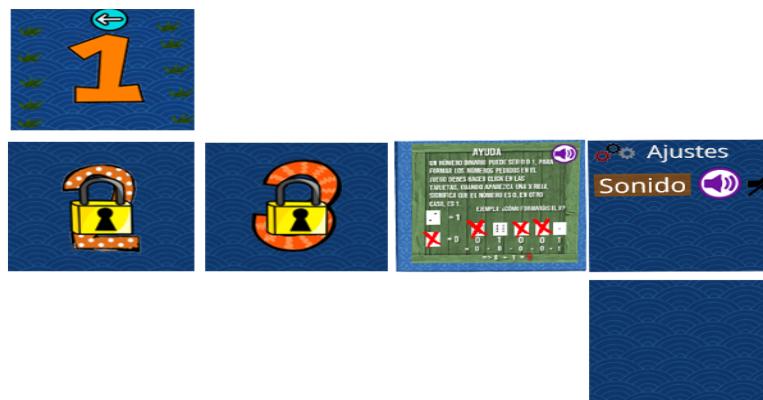


Figura 4.9: Niveles de juego de conversión de números binarios

Las secciones se muestran en el primer momento que el usuario entra al juego, después, cuando el usuario supera con éxito un nivel se desbloquea el siguiente, quitándose el candado (Ver Figuras 4.10 y 4.11).



Figura 4.12: Botón de Ayuda

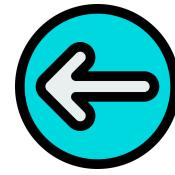


Figura 4.13: Botón de atrás



Figura 4.10: Nivel bloqueado con candado



Figura 4.11: Nivel desbloqueado

Todos los niveles tienen el botón de ayuda (representado con una interrogación, Figura 4.12) y el botón de atrás (Figura 4.13) disponibles en todo momento y con el mismo ícono, por si el usuario quiere dejar de jugar e ir a otra sección o si necesita ayuda por si está perdido en como puede superarlo. Al final de cada nivel, el modelo 3D arroja un número (Ver Figura 4.14), que en orden forma la combinación del candado, cuando el usuario alcanza el nivel 3 y lo supera, al volver al menú de números binarios aparece un cuestionario (Ver Figura 4.15) donde se le pregunta por la combinación correcta, una vez acertada, se le deja acceder al último nivel de números binarios: El acertijo.

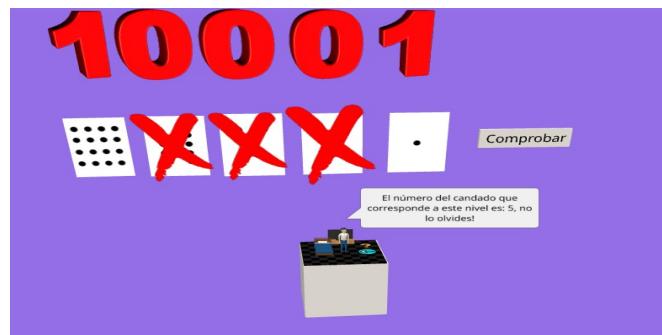


Figura 4.14: Modelo 3D anunciando el número del candado



Figura 4.15: Cuestionario acerca de la combinación correcta del candado

d) Acertijo: Como se ha explicado anteriormente, este nivel es solo accesible cuando se acierta la combinación del candado que lo bloquea, en este nivel el usuario tendrá que jugar a un juego estilo *Minecraft*<sup>5</sup> en 3D donde tendrá que descifrar la combinación de la imagen formada por números binarios que representa una contraseña para entrar a una fiesta, para ello tendrá que colocar unos troncos en el orden correcto de arriba a abajo que colorean la imagen y pulsar en ella, el modelo 3D le dirá al usuario si es correcto. Al acertar, se abrirá la puerta y empezará la animación de fiesta, con algunos modelos en 3D con gorros de fiesta y una bola de discoteca, lo que indica que se ha superado con éxito toda la sección de números binarios.

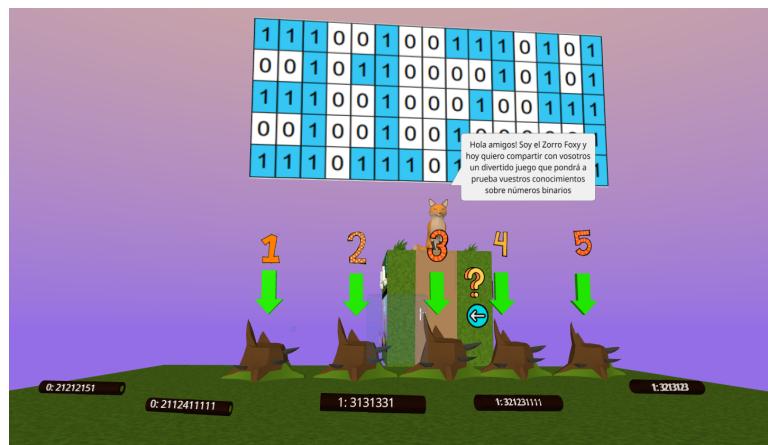


Figura 4.16: Acertijo de números binarios

Asimismo, en el acertijo el usuario tiene disponible un botón de ayuda que le llevará a un vídeo explicativo situado en la cara izquierda del cubo sobre como jugar y pasarse el nivel.

<sup>5</sup><https://www.minecraft.net/es-es>



Figura 4.17: Video de ayuda del acertijo de números binarios

- Sección de secuencias: Sección centrada en enseñar los conceptos de secuencia y algoritmo en programación. Se divide en las siguientes secciones (ver Figura 4.18):

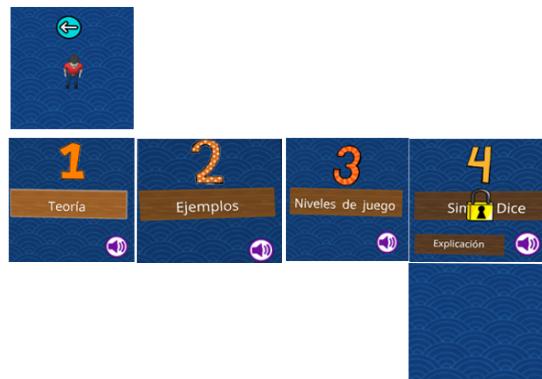


Figura 4.18: Sección de secuencias en EducARlos

- a) Teoría: Explicación acerca de que son las secuencias con metáforas de la vida cotidiana, en este caso, se explica el concepto con la preparación de un bocadillo de crema de chocolate para la merienda, realizando los pasos en orden.



Figura 4.19: Sección de teoría de secuencias

b) Ejemplos: Se muestra otro ejemplo de secuencia presente en la vida cotidiana para afianzar el concepto, esta vez cuando nos lavamos los dientes, con todos los pasos intermedios.



Figura 4.20: Ejemplo explicativo con metáfora de lavarse los dientes

Además, se introduce el concepto de algoritmo, con una explicación más dinámica debido a la aparición de un robot friegaplatos y una serie de instrucciones para hacerlo en orden, todo ello en 3D justo delante del MERGE Cube y con temática amigable para usuarios de cualquier edad.

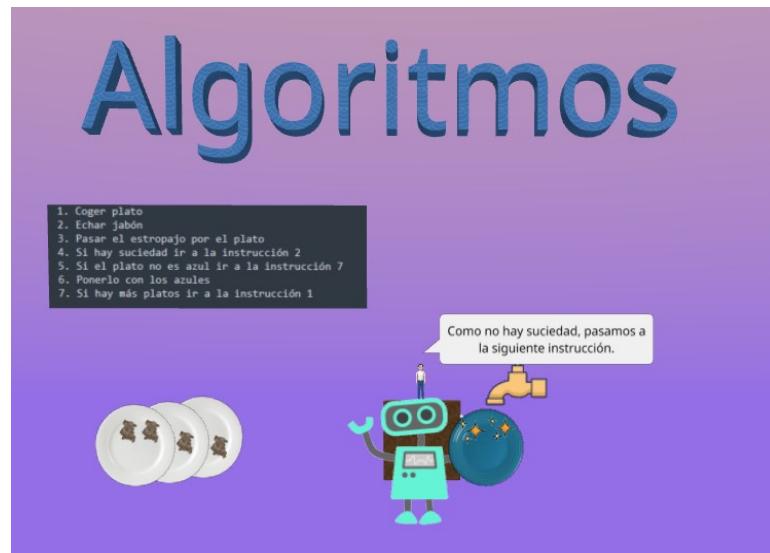


Figura 4.21: Ejemplo explicativo con robot friegaplatos

c) Niveles de juego: Distintos juegos donde se intenta que el usuario aprenda el concepto de secuencia y algoritmo jugando, dividido en las siguientes secciones (Ver Figura 4.22):



Figura 4.22: Niveles de juego de secuencias en EducARlos

En el primer y segundo nivel, se utiliza el concepto de secuencia aplicado a la vida real, para ver si ha quedado claro con la teoría, para ello, se utilizan las secuencias de montar una torre de piezas de colores en orden y de comer una manzana.

El usuario tendrá que hacer clic en las imágenes en el orden correcto para

---

pasar el nivel en cuestión.



Figura 4.23: Nivel 1 del apartado de juegos de secuencias

El tercer nivel, como se ha explicado anteriormente, consiste en decidir qué secuencia de instrucciones es la más adecuada para que un león siga el camino correcto que le lleve a un filete de carne.

En este nivel, se incluye implícitamente y, sin ser de forma brusca, el concepto de algoritmo.

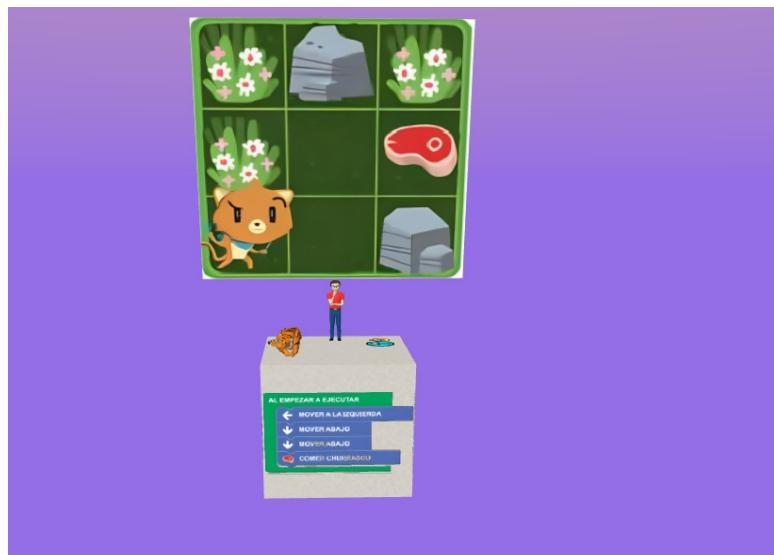


Figura 4.24: Nivel 3 del apartado de secuencias

El cuarto nivel, consiste en mover un modelo 3D de un pirata por el cubo para buscar una llave, al final del nivel se le preguntará al usuario sobre qué algoritmo ha utilizado (Ver Figuras 4.26 y 4.27) para llegar hasta el objetivo, siendo uno más óptimo que otro, se le avisará al usuario dependiendo del

que escoja pero nunca se tomará como un error. Al igual que en la sección anterior, se muestran los niveles en el primer momento que el usuario entra al juego, después, cuando el usuario supera con éxito un nivel se desbloquea el siguiente, quitándose el candado.



Figura 4.25: Nivel 4 del apartado de secuencias

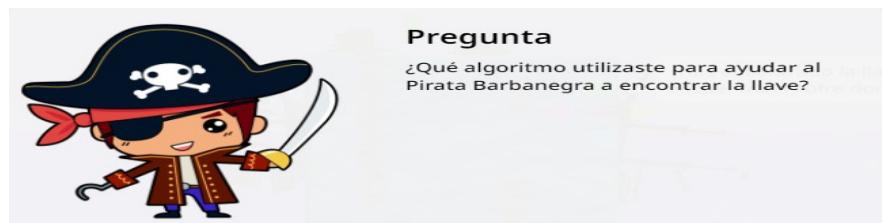


Figura 4.26: Ventana emergente del cuestionario sobre el algoritmo

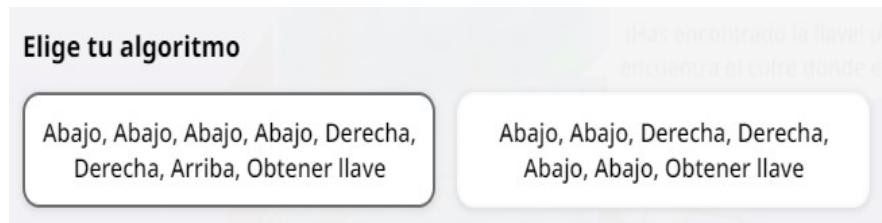


Figura 4.27: Cuestionario sobre el algoritmo utilizado en el nivel 4

También, como la sección anterior, sigue la metodología del Breakout Educativo, donde cada nivel arrojará un número, que el usuario tendrá que apuntar en orden para obtener la combinación correcta del candado del último nivel.

d) Simón Dice: Posee una explicación previa del nivel en el menú con las actividades disponibles relacionadas con secuencias, es el último nivel de

---

este apartado, accesible con el código correcto del candado que lo bloquea, consiste en acertar la secuencia aleatoria de colores a contrarreloj, pulsando en los botones e interactuando con el MERGE Cube.



Figura 4.28: Nivel de Simón Dice

Al final el modelo 3D hará una animación de baile, indicando que se han superado con éxito todos los retos pedidos, y por ende, se ha completado el nivel de secuencias.

# Capítulo 5

## Estudio de caso

### 5.1. Descripción del estudio de caso

El estudio de caso ha tenido lugar en el colegio público Santo Domingo de Alcorcón, situado en la provincia de Madrid acompañado de los profesores con dos clases del curso de 4º de primaria de dicho colegio.

Las edades de los estudiantes son de 8 a 9 años.

El rango de edad fue seleccionado debido a la complejidad de algunos conceptos presentados en la aplicación, los cuales podrían resultar difíciles de comprender para estudiantes más jóvenes.

Además, el uso simultáneo del MERGE Cube para entender dichos conceptos puede representar un desafío adicional, dado que se trata de una herramienta nueva y puede requerir cierta destreza para su manejo.



Figura 5.1: Estudiante usando la aplicación EducARlos

Además, el colegio ha proporcionado tabletas para que los estudiantes pudiesen jugar con la aplicación (Ver Figura 5.1), aspecto que es de agradecer y que ha hecho que el estudio se realice con mayor rapidez.

Se han realizado las siguientes pruebas, no se han realizado más debido a que los estudiantes se encontraban todavía en periodo de exámenes y no se tenía el tiempo suficiente para dedicar más de una sesión a la aplicación:

1. Consiste en una explicación teórica amena acerca de los términos vistos en

---

el juego, conceptos sobre números binarios y secuencias de instrucciones. En el caso de los números binarios se explica lo que son, como convertir de números naturales a binarios con tarjetas impresas parecidas a las que se pueden encontrar en el juego (Ver Figura 5.2) y una pequeña introducción sobre representación de imágenes con números binarios.

En el caso de las secuencias se explica el concepto, se pregunta si se conoce alguna secuencia que tenga orden de la vida diaria (normalmente lavarse los dientes o ir al colegio) y se explica por encima el concepto de algoritmo.

2. Los estudiantes juegan de manera libre con la aplicación EducARlos.
3. Cuando finalicen de jugar, se pasará a los estudiantes una encuesta tipo test sobre como se han sentido jugando para conocer su opinión sobre la aplicación.

Esta encuesta está realizada con la escala de Likert, un método de investigación psicométrica que ayuda a evaluar las conductas, creencias, valores e ideales de una persona o una población mediante categorías cerradas.<sup>1</sup>

Generalmente consta de 5 opciones de respuesta, dos negativas, una neutra y dos opciones positivas, en el caso del presente trabajo, se han utilizado como opciones disponibles: Nada, Poco, Algo, Bastante y Mucho, cumpliendo con los criterios previamente enumerados y necesarias para realizar correctamente el análisis posterior de los resultados.

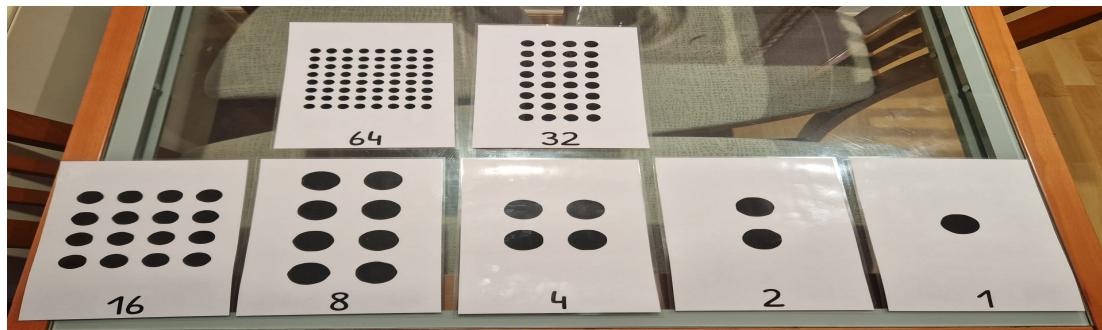


Figura 5.2: Tarjetas impresas de números binarios

El objetivo que sigue la aplicación es inculcar conceptos STEM de una forma divertida. Por lo tanto, aunque algunas preguntas han sido referentes a mejorar la interfaz, la navegación por la aplicación o sobre cuán divertido es el juego, las más significativas son las que preguntan si han entendido los conceptos de una mejor forma con la aplicación que con la explicación teórica previa y comprobar si la unión de la RA con la enseñanza de este tipo de ideas funciona de verdad.

---

<sup>1</sup><https://blog.hubspot.es/service/escala-likert>

También, se ha preguntado sobre si ha gustado la inclusión de la metodología Breakout Educacional en la experiencia, explicada en capítulos anteriores.

Las preguntas más importantes de las trece disponibles se enumeran a continuación:

- ¿Has entendido qué son los números binarios?
- ¿Has entendido qué es una secuencia?
- ¿Has entendido qué es un algoritmo?
- ¿Te ha parecido divertido tener que desbloquear el candado con un código?

## 5.2. Análisis de los resultados

Después de realizar el estudio con las dos clases de 4º de primaria, donde cada una tenía unos 25 estudiantes de media y los estudiantes han realizado el test por parejas debido a falta de tiempo, se han llegado a los siguientes resultados:

Con los resultados de la pregunta 1 (Ver Figura 7.1), se puede apreciar que los estudiantes han disfrutado en gran medida del uso de la aplicación y que les ha parecido una forma diferente y entretenida de dar una clase donde se estaban enseñando conceptos bastante complicados para su edad.

En la pregunta 2 (Ver Figura 7.2), se puede observar una gran cantidad de respuestas dispares, ha habido un 42 % de los estudiantes que han pensado que la navegación por la aplicación era sencilla o muy sencilla, pero el mayor número de estudiantes (un 58 %) han pensado que era algo o muy complicada.

Se ha pensado la razón de esta estadística para comprobar si era culpa de la usabilidad y accesibilidad de la aplicación, pero se ha llegado a la conclusión de que el hecho de interactuar con el cubo a la vez que se están realizando los ejercicios era algo demasiado complicado para algunos de los estudiantes en la edad de cursar 4º de primaria, por lo que para mejorar esta estadística se ha concluido que se debería de enfocar la aplicación para estudiantes de una edad algo mayor. En las figuras 7.3 y 7.4 se pueden observar los resultados relacionados con la actividad de números binarios.

En la primera figura (7.3), se observa que a la mayoría de los estudiantes les ha gustado mucho interactuar con la actividad y nadie se ha aburrido con ella.

En la segunda (7.4), se observa que a la gran mayoría de estudiantes les ha encantado el nivel del acertijo de números binarios, probablemente por debido a que es algo menos teórico al dar más libertad para moverse por el nivel y su similitud con el videojuego Minecraft, mencionado anteriormente.

Respecto a la actividad de secuencias, se han realizado las preguntas (Figuras 7.5 y 7.6), donde como se puede ver, se concluye que la sección ha gustado bastante, aunque algo menos que la de números binarios, probablemente por que las

---

actividades de la primera sección eran algo más vistosas e incluso se realizó una representación previa de la actividad de las tarjetas en clase, por lo que se obtuvo una mayor familiaridad con el término.

En cuanto a las estadísticas de las actividades dentro de la sección (Ver Figura 7.6), ha habido un resultado curioso, donde se tiene un empate con un 29,6 % entre 3 actividades, por lo que se concluye que los estudiantes se han mantenido entretenidos desde el principio de la sección hasta el final.

Como se ha dicho anteriormente en la presente memoria, se han realizado tres preguntas sobre si se habían adquirido mejor ciertos conceptos con la explicación teórica o después de la utilización de la aplicación.

Como se puede ver en la figura 7.7, con la explicación teórica había bastante porcentaje de estudiantes que habían entendido lo qué es un número binario de forma total o prácticamente total (un 77,63 %), pero, también, había cierta cantidad de estudiantes que no les había quedado el todo claro y no habían entendido bien el concepto, un 22,37 %, por lo que se espera ver si cambian estos porcentajes después del uso de la aplicación.

Ahora se analiza el estudio después de utilizar la aplicación (Ver Figura 7.8), donde, como se puede apreciar, ha subido bastante el porcentaje de estudiantes que han entendido mejor el concepto, hasta llegar a un 88,5 % entre las dos mejores respuestas posibles de la encuesta y se ha reducido hasta un 11,5 % el porcentaje total de estudiantes que no habían conseguido aclararse con el concepto, lo cual es un resultado muy satisfactorio para el uso de la aplicación para la enseñanza de este concepto.

Ahora se analizarán las preguntas con respecto al término de secuencia (Ver figuras 7.9 y 7.10), donde primeramente, se ve que un 70 % de los estudiantes encuestados han entendido prácticamente a la perfección el término con una explicación teórica, sin embargo, también es significativa la muestra de estudiantes que han entendido algo o poco del concepto, con un 29,6 %. Ahora se analizarán los resultados después de utilizar la aplicación.

En la figura 7.10, se observa que aumenta bastante el porcentaje de estudiantes que entienden el término de forma prácticamente total, hasta un 81,5 %, con una gran subida de la opción de "mucho", esto es debido también a que en la aplicación aparecen ejercicios muy sencillos que pueden encontrar en su vida real, como la transición temporal de comerse una manzana, lo que ayuda mucho a que adquieran al concepto jugando.

En las figuras 7.11 y 7.12 se observan los resultados respecto a la enseñanza del concepto algoritmo, un concepto que para niños de cuarto de primaria puede resultar totalmente imposible de entender en un principio y se analizará si la aplicación ha servido para entenderlo mejor.

En un principio (Ver Figura 7.11), había gran disparidad de opiniones entre los estudiantes, ya que simplemente con una explicación teórica sobre realizar las tareas por pasos como si fuesen un robot no se ha conseguido explicar de una forma clara el concepto y así se muestra en los resultados, donde algo más de la mitad de estudiantes (un 58 %) han entendido el concepto pero el porcentaje

restante (un 42 %) además de la significativa cantidad de respuestas con la opción de "Nada" (un 14 %) es una muestra suficiente para darse cuenta de que solo con una explicación teórica no era suficiente.

Después, (Ver Figura 7.12), se observa que sube el porcentaje de estudiantes que llegan a entenderlo prácticamente en su totalidad (un 70,33 %) pero también se observa que sube el porcentaje de estudiantes que no han entendido nada del concepto hasta el 18,5 % por lo que se concluye que la aplicación puede ayudar a entender mejor este concepto tan abstracto, pero no funciona en todos los casos, dependiendo del nivel de implicación que ponga el estudiante a la hora de interactuar con ella.

Con la pregunta final (Ver Figura 7.13), se ha querido comprobar si resultaba divertida la inclusión de la metodología Breakout Educativo, ya que, como se ha dicho anteriormente, a la hora de desbloquear los niveles, los estudiantes tenían que apuntar los números que iba arrojando el juego.

Como apunte personal, se ha visto una mayor motivación gracias a esto, ya que el hecho de desbloquear los niveles "especiales" hacía que los estudiantes apuntasen los números en cualquier sitio disponible y abrían los candados con ilusión de haber acertado, lo cual es un aspecto increíble que demuestra que la inclusión de juegos de esta índole a la hora de enseñar es muy efectivo en su motivación y sus ganas de aprender.

# **Capítulo 6**

## **Conclusiones**

Tras la realización del presente proyecto y el estudio de caso correspondiente en un ambiente real, se ha comprobado que se ha cumplido la hipótesis inicial, donde se exponía que la unión de un juego que utilice la RA con la enseñanza de los conceptos STEM podía ayudar a que este tipo de ideas más abstractas se adquieran más fácilmente y con una mayor motivación para los estudiantes, incluso de edades tempranas, potenciando al máximo su interés en el campo de la informática y en las matemáticas.

Se ha comprobado que seguir una metodología de Breakout Educacional, en la que hay niveles especiales bloqueados por un candado, ayuda a mantener la atención de los estudiantes durante más tiempo. Esto se debe a que se sienten motivados por desbloquear todos los niveles y completar el acertijo propuesto.

Este aspecto, combinado con el uso de la RA, como se ha dicho anteriormente, hace que los estudiantes se sientan más motivados. Incluso si el concepto a explicar es complicado al principio, no se rinden y se sienten motivados para seguir aprendiendo a la vez que juegan.

Con los resultados del análisis y la investigación previa, se hará una enumeración sobre los objetivos que se han cumplido y los posibles avances que se realizarían para ampliar la investigación.

### **6.1. Contribuciones**

Las principales contribuciones del presente proyecto son las siguientes:

- Mejora de la enseñanza tradicional con la inclusión de la RA: Se ha comprobado que gracias al uso de la RA, los estudiantes han estado mucho más motivados que en una clase tradicional, aunque los conceptos explicados sean "aburridos" a primera vista, lo que ha ayudado muchísimo a su enseñanza y al aprendizaje de los mismos.
- Introducción de conceptos STEM a estudiantes cuyo currículum escolar no posee la enseñanza de los mismos gracias a la aplicación: Se han introducido gracias al juego algunos conceptos que, en muchos casos, los estudiantes no llegan a estudiar en toda su vida estudiantil si no se especializan en una rama relacionada con la informática cuando llegan a la educación superior, como los números binarios y secuencias, aspecto que puede ser muy bene-

ficioso para su futuro para estar familiarizados con ellos y mejorar su toma de decisiones a la hora de estudiar problemas de matemáticas e informática.

- Utilización de la metodología Breakout Educacional: Se ha comprobado que gracias a esta metodología los estudiantes se preocupan de intentar desbloquear todos los niveles y se implican más en completar el reto y entender los conceptos propuestos. Esto aumenta significativamente su motivación y su interés por aprender.
- Realización de un estudio en un colegio real para comprobar los resultados: Se han comprobado con un estudio de caso las posibilidades de la aplicación en un entorno real, lo que ha llevado a ver que ha sido muy beneficiosa su implantación y lleva a pensar acerca de si la RA puede incluso ser el futuro de la enseñanza de los conceptos más difíciles de asimilar en ciertas asignaturas que puedan resultar aburridas.

## 6.2. Trabajos futuros

Como trabajos futuros, se podrían realizar las siguientes ampliaciones:

- Sistema de puntos y ranking: La inclusión de un sistema de puntos en la aplicación a la hora de acabar cada nivel sería positiva a la hora de aumentar la motivación de los estudiantes, ya que, teniendo un baremo sobre como han realizado una actividad respecto a sus compañeros aumentaría su competitividad para hacerlo mejor después o incluso poder premiar a los mejores estudiantes con un aumento en su nota de la asignatura de matemáticas u informática.
- Posibilidad de personalizar más el personaje: Esta necesidad viene dada para hacer más "suya" la experiencia a cada estudiante, se debería implementar poder cambiar a su gusto toda la ropa, desde la camiseta hasta las zapatillas, así como su género, aspecto muy importante y que se ha desechado en el desarrollo actual debido a las limitaciones de la plataforma de Cospaces y el exceso de tiempo que llevaría cambiar todos los diálogos existentes a género femenino o masculino, dependiendo de lo que se deseé.
- Mayor número de niveles y secciones: Se podrían añadir más niveles para aumentar el rango de conceptos STEM expuestos en la aplicación, desde enseñar conceptos de programación (por ejemplo, instrucciones condicionales, bucles o variables) hasta conceptos de matemáticas que se enseñen en niveles de primaria que puedan ser más aburridos para enseñar en clase, como por ejemplo, los números primos.

- 
- Niveles infinitos en el juego Simón Dice: Se estudió la posibilidad de aumentar los niveles del apartado del juego Simón Dice pero se desechó la idea debido al poco tiempo que se tendría en el estudio de caso para que se probase la aplicación (una sesión), así que, como trabajo futuro se podrían hacer infinitos niveles y combinarlo con el sistema de puntos previamente mencionado, para hacer un ranking entre los estudiantes que más niveles completen satisfactoriamente y premiar a los mejores.
  - Posibilidad de cambiar de idioma a inglés: Este aspecto sería importante, ya que de cara al futuro de los estudiantes aprender idiomas es muy importante y el juego tendría que estar en el idioma más universal posible, posibilitando a estudiantes de todo el mundo a aprender con la aplicación además de que la mayoría de términos usados en programación provienen del inglés lo que ayudaría a su enseñanza en un futuro.
  - Mejorar las explicaciones de teoría: Se podrían mejorar las explicaciones existentes con una mayor interacción con la propia superficie de MERGE Cube, ya que en las actuales simplemente aparece información delante del cubo que puede ser demasiado densa de comprender para el estudiante.

# Bibliografía

Adobe Photoshop (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Adobe: <https://www.adobe.com/es/products/photoshop.html>.

Avila-Garzon et al. (2021). Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research.

Barroso-Osuna et al. (2019). Difficulties in the Incorporation of Augmented Reality in University Education: Visions from the Experts.

Bebras Contest. (s.f). Recuperado en junio de 2023, de Bebras Contest: <https://www.bebras.org/>

Bers et al. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum.

Bloom's Taxonomy (2014). Recuperado en Abril de 2023, de The Glossary of Education Reform: <https://www.edglossary.org/blooms-taxonomy/>.

'BreakoutEdu', microgamificación y aprendizaje significativo (2017). Recuperado en Abril de 2023, de Christian Negre i Walczak: <https://www.educaweb.com/noticia/2017/07/26/breakoutedu-microgamificacion-aprendizaje-significativo-15068/>.

BreakoutEDU (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de BreakoutEDU: <https://breakoutedu.com/>.

Carlo H. Godoy Jr. (2022). A Review of Augmented Reality Apps for an AR-Based STEM Education Framework.

Carlo H. Godoy Jr. (2021). Developing an Augmented Reality-Based Game as a Supplementary tool for SHS-STEM Precalculus to Avoid Math Anxiety.

*Città et all. (2019). The effects of mental rotation on computational thinking.*

Code.Org (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Code.Org: <https://code.org/>.

## BIBLIOGRAFÍA

---

Conoce la realidad aumentada y las posibilidades de interacción que la hacen sobresalir en el mundo digital (2019). Recuperado en Abril de 2023, de Rock Content: <https://rockcontent.com/es/blog/realidad-aumentada/>.

Computer Science Unplugged. (s.f.). Recuperado en junio de 2023, de Computer Science Unplugged: <https://www.csunplugged.org/es/>

Computational Thinking for children (s.f.). Recuperado en Abril de 2023, de Safe Search Kids: <https://www.safesearchkids.com/computational-thinking-for-children>.

CoSpaces EDU. (s.f.). Recuperado en junio de 2023, de CoSpaces EDU: <https://cospaces.io/edu/>

CoSpaces EDU API. (s.f.). Recuperado en junio de 2023, de CoSpaces EDU API: <https://cospaces.io/api/>

Coespaces EDU App (s.f.). Recuperado en Abril de 2023, de Google Play Store: <https://play.google.com/store/apps/details?id=delightex.cospaces.edu>.

Diccionario Español (s.f.). Recuperado en Abril de 2023, de Real Academia Española de la Lengua: <https://dpej.rae.es>.

Draw.io. (s.f.). Recuperado en junio de 2023, de Draw.io: <https://app.diagrams.net/>

Dropbox (s.f.). Recuperado en Abril de 2023, de Dropbox: <https://www.dropbox.com/>.

Edwards-Stewart et al. (2016). Classifying different types of augmented reality technology.

Escala de Likert (2023). Recuperado en Abril de 2023, de Melissa Hammond: <https://blog.hubspot.es/service/escala-likert>.

Google dice definitivamente adiós a las Google Glass (2023). Recuperado en Abril de 2023, de El Mundo: <https://www.elmundo.es/tecnologia/gadgets/2023/03/16/6413953f21efa0206f8b4594.html>.

Google Drive (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Google Drive: <https://drive.google.com/>.

Google Lens (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Google: <https://lens.google/>.

Ibañez et al. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course.

Ibañez et al. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review.

Ikea Place App (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Apple: <https://apps.apple.com/es/app/ikea-place/id1279244498>.

Ingress (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Xataka Basics: <https://www.xatakandroid.com/juegos-android/ingress-manual-basico-para-empezar-a-jugar>.

Khan Academy (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Khan Academy: <https://es.khanacademy.org/>.

L’Oreal Makeup Genius (2015). Recuperado en Abril de 2023, de MuyComputerPro: <https://www.muycomputerpro.com/2015/03/17/loreal-make-up-genius-modas>.

Trello. (s.f.). Recuperado en junio de 2023, de Trello: <https://trello.com/es>

Merge EDU. (s.f.). Recuperado en junio de 2023, de Merge EDU: <https://mergeedu.com/>

Metodologías Ágiles (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Javier Garzás: <https://www.javiergarzas.com/>.

Modelo de cascada (Waterfall): qué es y cuándo conviene usarlo (2023). Recuperado en Abril de 2023, de Anastasia Stsepanets: <https://blog.ganttpro.com/es/metodologia-de-cascada/>.

Minecraft. (s.f.). Recuperado en junio de 2023, de Minecraft: <https://www.minecraft.net/es-es>

## BIBLIOGRAFÍA

---

Nike SNKRS App (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Nike: <https://www.nike.com/es/snkrss-app>.

Pochtoviuk et al. (2020). Possibilities of application of augmented reality in different branches of education.

Pokémon GO. (s.f). Recuperado en junio de 2023, de Pokémon GO: <https://pokemongolive.com/>

Realidad aumentada. ¿Qué es?. Características y tipos (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de IAT: <https://iat.es/tecnologias/realidad-aumentada/>.

Radu et al. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis.

Rotación mental: ¿cómo logra rotar objetos nuestra mente? (2019). Recuperado en Abril de 2023, de Nahum Montagud Rubio: <https://psicologiaymente.com/neurociencias/rotacion-mental>.

Scratch (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Massachusetts Institute of Technology: <https://scratch.mit.edu/>.

Slack (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Slack: <https://slack.com/intl/es-es>.

TangibleK: Part of DevTech research group (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Tufts University School of Arts and Sciences: <https://ase.tufts.edu/DevTech/tangiblek>.

Unity (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Unity: <https://unity.com/es>.

Vuforia. (s.f.). Recuperado en junio de 2023, de Vuforia: <https://developer.vuforia.com/>

Yoon et al. (2017). How Augmented Reality Enables Conceptual Understanding of Challenging Science Content.

Zaharin et al. (2018). Computational Thinking: A Strategy for Developing Problem Solving Skills and Higher Order Thinking Skills (HOTS).

Zookazam (s.f). Recuperado en Abril de 2023, de Zookazam: <http://www.zookazam.com>.

# Anexos

## Anexo 1

A continuación, se presentan los Anexos:

### 7.1. Gráficos del estudio de caso

1. ¿Te ha parecido divertido el juego?

26 respuestas

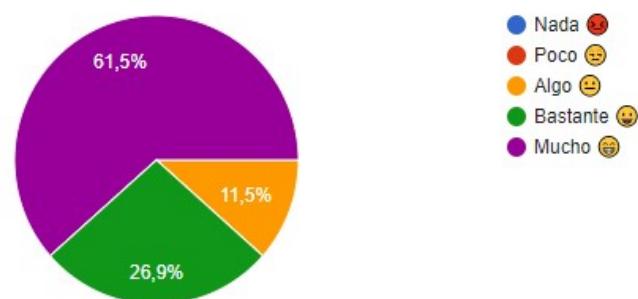


Figura 7.1: Resultado pregunta número 1

2. ¿Cómo de difícil te ha parecido el uso de la aplicación?

26 respuestas

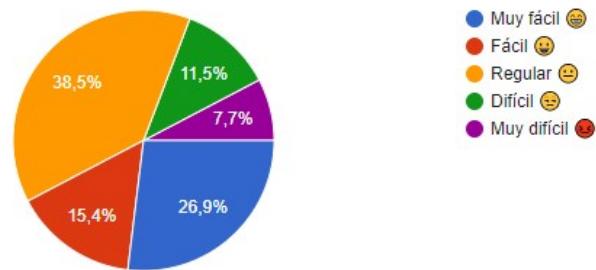


Figura 7.2: Resultado pregunta número 2

## 7.1. Gráficos del estudio de caso

---

3. La sección de números binarios te ha gustado...

26 respuestas

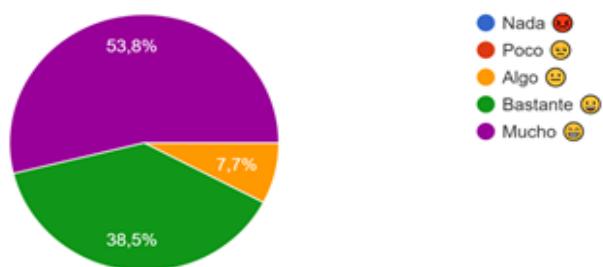


Figura 7.3: Resultado pregunta número 3

4. ¿Qué actividad te ha gustado más de la sección de números binarios?

26 respuestas

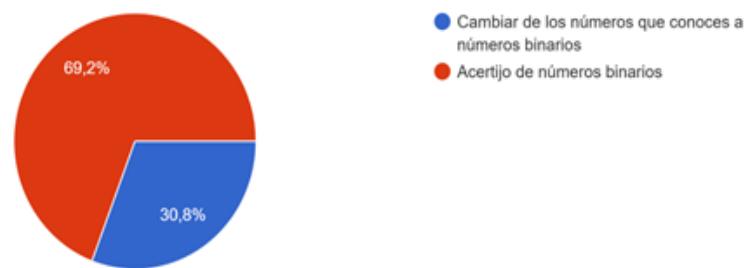


Figura 7.4: Resultado pregunta número 4

5. La sección de secuencias te ha gustado...

27 respuestas

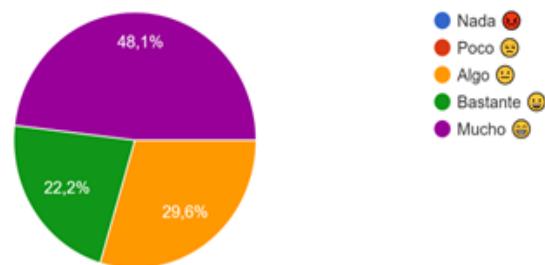


Figura 7.5: Resultado pregunta número 5

## 7.1. Gráficos del estudio de caso

6. ¿Qué actividad te ha gustado más de la sección de secuencias?

27 respuestas

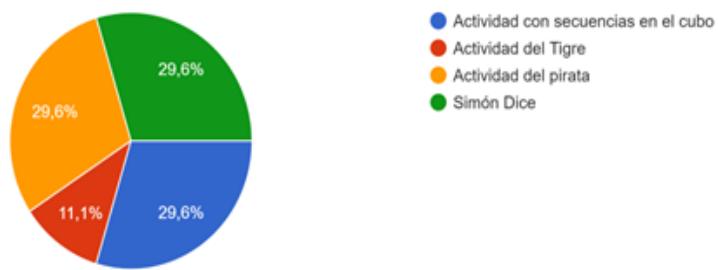


Figura 7.6: Resultado pregunta número 6

Con la explicación en la pizarra....

7. ¿Has entendido qué son los números binarios? ☺ 😊

27 respuestas

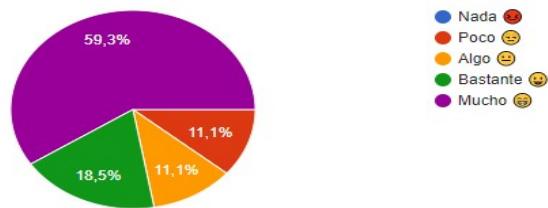


Figura 7.7: Resultado pregunta número 7

Después de utilizar la aplicación EducARlos....

8. ¿Has entendido qué son los números binarios? ☺ 😊

26 respuestas

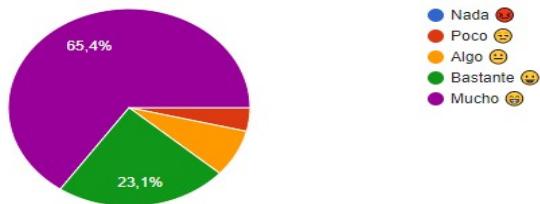


Figura 7.8: Resultado pregunta número 8

## 7.1. Gráficos del estudio de caso

---

Con la explicación en la pizarra...

9. ¿Has entendido qué es una secuencia? ☺ 😊

27 respuestas

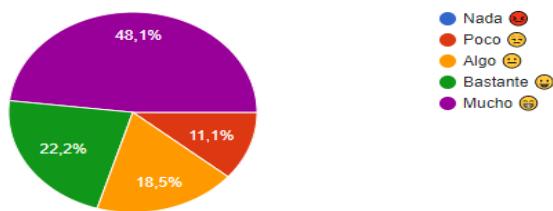


Figura 7.9: Resultado pregunta número 9

Después de utilizar la aplicación EducARios....

10. ¿Has entendido qué es una secuencia? ☺ 😊

27 respuestas

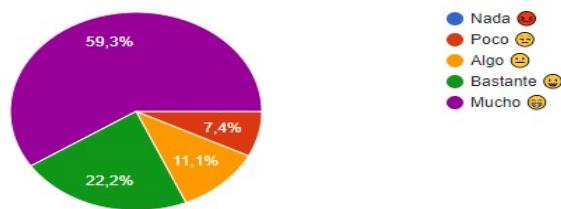


Figura 7.10: Resultado pregunta número 10

Con la explicación en la pizarra....

11. ¿Has entendido qué es un algoritmo? ☺ 😊

27 respuestas

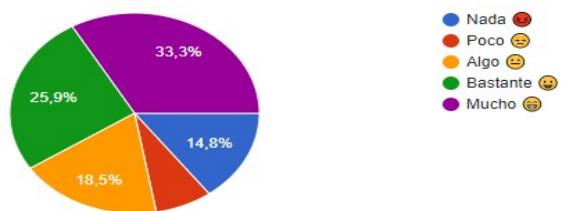


Figura 7.11: Resultado pregunta número 11

## 7.1. Gráficos del estudio de caso

Después de utilizar la aplicación EducARlos....

12. ¿Has entendido qué es un algoritmo? 

27 respuestas

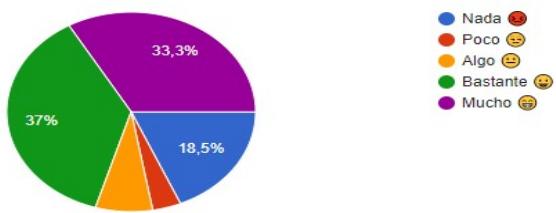


Figura 7.12: Resultado pregunta número 12

13. ¿Te ha parecido divertido tener que desbloquear el candado con un código?

27 respuestas

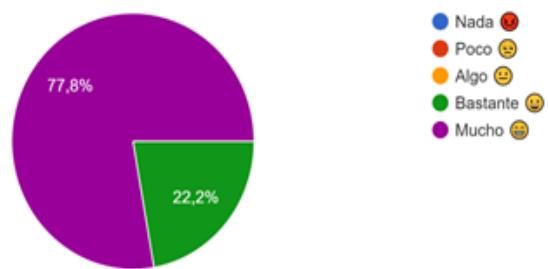


Figura 7.13: Resultado pregunta número 13