



UNIVERSIDAD DE GRANADA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

Juego de tablero aumentado utilizando ARCore

**Desarrollo de un juego de mesa aumentado mediante uso de
tecnologías de realidad aumentada**

Autor

Miguel Ángel Torres López

Tutor

Francisco Luis Gutiérrez Vela



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA Y DE
TELECOMUNICACIÓN

—
Granada, 30 de agosto de 2018

Juego de tablero aumentado utilizando ARCore: Desarrollo de un juego de mesa aumentado mediante uso de tecnologías de realidad aumentada

Miguel Ángel Torres López

Palabras clave: *ARCore, Unity, Android, juegos de mesa*

Resumen

Este documento expone mi trabajo de fin de grado, y los contenidos asociados al mismo.

Este trabajo tiene como objetivo explorar las diferentes posibilidades que puede aportar la realidad aumentada para dispositivos móviles aplicada a juegos de tablero. Para ello el proyecto se va a centrar en la planificación y desarrollo de un juego de mesa, que mediante las tecnologías de realidad aumentada, mas concretamente ARCore, aportará un nuevo enfoque sobre los juegos de esta temática, aprovechando las singulares características que la realidad aumentada ofrece.

El proyecto explorará también la integración de diferentes formas de interacción en juegos, como pueden ser las interfaces tangibles, por tanto, se crearán funcionalidades que se llevarán a cabo mediante interacción con elementos físicos, y otras funcionalidades que se desarrollarán con interacción únicamente con el dispositivo móvil.

El proceso de planificación y desarrollo del proyecto se llevará a cabo mediante el uso de metodologías ágiles y diseño centrado en el usuario.

Augmented board game using ARCore: Development of augmented board game using augmented reality technologies

Miguel Ángel Torres López

Keywords: ARCore, Unity, Android, board games

Abstract

This document shows my end-of-degree project and the contents associated with it.

The purpose of this project is to explore the different possibilities that augmented reality for mobile devices can bring applied to board games. For this, the project will focus on the planning and development of a board game, that using the augmented reality technologies available, specifically using ARCore, will bring a new approach to the games of this theme, taking advantage of the singular characteristics that augmented reality offers.

The project will also explore the integration of different ways of interaction in games, allowing functionalities that will have to be done by interacting with physical elements, and other functionalities that will have to be done interacting only with the mobile device.

The project planning and development process will be carried out through the use of agile methodologies and user-centered design.

Yo, **Miguel Ángel Torres López**, alumno de la titulación **Grado en Ingeniería Informática** de la **Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación** de la **Universidad de Granada**, con DNI 71358141C, autorizo la ubicación de la siguiente copia de mi Trabajo de Fin de Grado en la biblioteca del centro para que pueda ser consultada por las personas que lo deseen.

Así mismo, el código fuente del proyecto y esta documentación pueden consultarse en la dirección <https://github.com/mat11995/TFG> para que aquellos que lo deseen puedan probar el proyecto.

Fdo: Miguel Ángel Torres López

Granada, a 30 de agosto de 2018

D. Francisco Luis Gutiérrez Vela, profesor del **Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos** de la **Universidad de Granada**.

Informa:

Que el presente trabajo, titulado ***Juego de tablero aumentado utilizando ARCore: Desarrollo de un juego de mesa aumentado mediante uso de tecnologías de realidad aumentada***, ha sido realizado bajo su supervisión por **Miguel Ángel Torres López**, y autoriza la defensa de dicho trabajo ante el tribunal que corresponda.

Y para que conste, expide y firma el presente informe en Granada, a 30 de agosto de 2018.

El tutor:

Francisco Luis Gutiérrez Vela

Agradecimientos

A mi tutor del TFG por toda la ayuda y apoyo durante el proyecto.

A mi familia por estar ahí siempre que lo he necesitado.

A mis amigos y amigas por todas las veces que me han ayudado y apoyado durante todas las etapas de mi vida.

A mis profesores por su incansable esfuerzo durante estos años de carrera para que aprendamos lo máximo posible y de la mejor manera.

Índice general

1. Introducción y objetivo	1
1.1. Motivación	3
1.2. Estructura del documento	3
1.3. Objetivo	4
2. Estado del arte	7
2.1. Realidad aumentada	7
2.2. Diferencias entre realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta	7
2.3. Aplicaciones de la realidad aumentada	8
2.4. Formas de integrar la información digital con el mundo real .	12
2.5. Tecnologías de visualización de Realidad Aumentada	15
2.6. Desarrollo de realidad aumentada	21
2.6.1. Librerías	22
2.6.2. Herramientas de autor	22
2.6.3. ARCore	24
2.6.4. Tabla comparativa de librerías	26
2.7. Interfaces tangibles	26
2.8. Estudio de mercado sobre aplicaciones que hacen uso de realidad aumentada	28
2.9. Estudio de mercado sobre juegos de mesa que hacen uso de realidad aumentada	35
2.10. Conclusiones	38
3. Análisis inicial del problema	41
3.1. Juego de partida	41
3.2. ARCore	42
3.3. Propuesta inicial del juego	43
3.3.1. Narrativa	43
3.3.2. Realidad aumentada	44
4. Metodologías a usar en el proyecto	47
4.1. Metodologías de desarrollo ágil	47

4.1.1. Diseño centrado en el usuario	49
4.2. Desarrollo de videojuegos	50
4.3. Conclusiones	53
5. Plan de entregas	55
5.1. Plan de entregas	55
5.2. Historias de usuario	58
6. Desarrollo. Entregas e iteraciones	61
6.1. Entrega 0	61
6.1.1. Primera iteración	64
6.1.2. Conclusiones	64
6.2. Entrega 1	64
6.2.1. Bocetos	65
6.2.2. Pruebas heurísticas	66
6.2.3. Pruebas de usabilidad	68
6.2.4. Segunda iteración	69
6.2.5. Conclusiones	70
6.3. Entrega 2	70
6.3.1. Tercera iteración	73
6.3.2. Cuarta iteración	73
6.3.3. Conclusiones	74
6.4. Entrega 3	74
6.4.1. Quinta iteración	77
6.4.2. Sexta iteración	77
6.4.3. Séptima iteración	78
6.4.4. Conclusiones	78
6.5. Entrega 4	79
6.5.1. Octava iteración	80
6.5.2. Conclusiones	82
7. Conclusiones y Trabajos futuros	83
7.1. Conclusiones	83
7.2. Trabajo futuro	85
8. Apéndices	87
8.1. GDD (Documento de diseño de videojuegos)	87
8.1.1. Información general	87
8.1.1.1. Resumen del juego	87
8.1.1.2. Objetivos a alcanzar por el juego	87
8.1.1.3. Justificación del juego	88
8.1.1.4. Core gameplay	88
8.1.1.5. Características del juego	89
8.1.1.5.1. Género	89

8.1.1.5.2. Número de jugadores	89
8.1.1.5.3. Plataforma de destino	89
8.1.1.5.4. Resumen de historia	89
8.1.1.6. Características del jugador	89
8.1.2. Mecánicas	90
8.1.2.1. Elementos del juego: Categorías	90
8.1.2.2. Elementos del juego: Núcleo principal	90
8.1.2.3. Reglas	92
8.1.2.3.1. Reglas de interacción	92
8.1.2.4. Elementos del juego: Mundo	92
8.1.2.5. Elementos de registro y progreso	92
8.1.2.6. Elementos de jugabilidad y experiencia del jugador	92
8.1.3. Dinámica	93
8.1.3.1. Mundo de juego. Universo virtual	93
8.1.3.1.1. Detalles del juego en temática	93
8.1.3.1.2. Detalles del juego en temática	93
8.1.3.2. Interfaz del juego	93
8.1.3.3. Controles de la interfaz	94
8.1.3.4. Aprendizaje del juego	94
8.1.3.5. Jugabilidad intrínseca	94
8.1.3.6. Jugabilidad artística	94
8.1.3.7. Jugabilidad intrapersonal	94
8.1.3.8. Jugabilidad interpersonal	94
8.1.3.9. Restricciones comerciales	94
8.1.4. Información del documento	95
8.1.4.1. Definición, acrónimos y abreviaturas	95
8.2. Diagrama de clases	96
8.3. Product Backlog	97
8.4. Historias de usuario	97
8.5. Bocetos	102
8.6. Tablas de usabilidad para los bocetos	104
8.7. Tablas de usabilidad para la Entrega 2	107
8.8. Tablas de usabilidad para la Entrega 3	110
8.9. Tablas de usabilidad para la Entrega 4	113

Glosario de términos**115****Bibliografía****117**

Capítulo 1

Introducción y objetivo

La realidad aumentada es una tecnología que está en pleno auge, no paramos de ver noticias que nos muestran todo lo que esta permite, las diferentes utilidades que tiene y como va a mejorarnos la vida. No obstante esto no era así hace un año, como se puede observar en el grafico del "Hype Cycle"de Gartner sobre tecnologías emergentes en 2017, Figura 1.1, la realidad aumentada se situaba en el tramo de desilusión, lo que significa que apenas se hablaba de dicha tecnología, y todavía quedaba mucho trabajo para que saliera adelante.

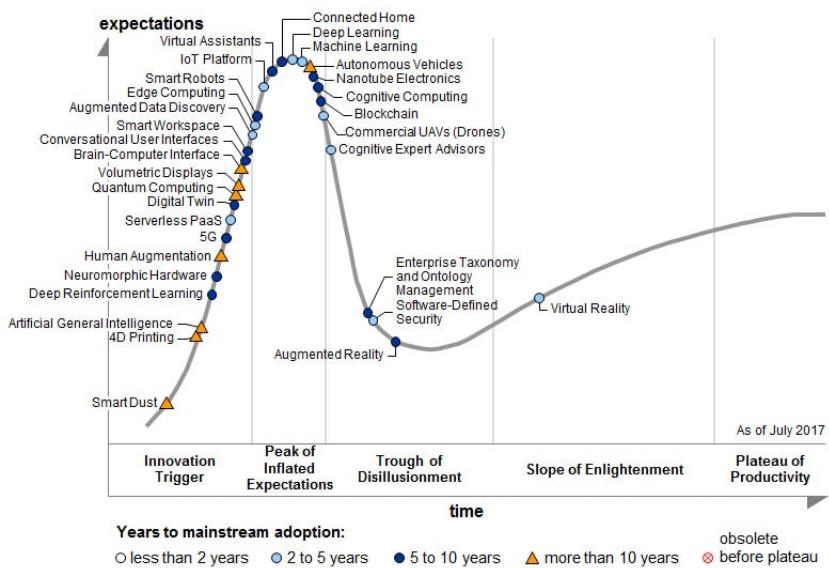


Figura 1.1: Imagen que muestra el "Hype cycle"de Gartner para tecnologías emergentes en 2017.²

² <https://www.gartner.com/newsroom/id/3784363>, Gartner (July 2017)

Sin embargo, desde que Apple y Google lanzaran sus respectivas librerías hace apenas un año, la realidad aumentada ha mejorado su situación notablemente, distanciándose de la realidad aumentada vista hasta el momento, estas nuevas librerías permiten, con los componentes de un dispositivo móvil de masas sea posible reconocer y entender el mundo que le rodea, así como su posición en el mundo. Esto supone una diferenciación en las tecnologías hasta entonces presentes, que o bien necesitaban de mucho hardware para ser capaces de conseguir esto, o en dispositivos móviles de masas, tenían capacidades reducidas.

Actualmente la realidad aumentada abre un mundo de grandes posibilidades que pueden revolucionar muchos ámbitos, entre ellos el de los juegos. Un videojuego ya no tiene que quedarse dentro de una pantalla o un mundo virtual, ahora puede dar el salto al mundo real, esto aporta un grado derealismo y espectacularidad que puede suponer una reinvención de los juegos como ahora los conocemos.

Por otro lado, la mayoría de la población dispone de un dispositivo móvil, como podemos ver en la Figura 1.2, en el año 2017, un 97.4 % de los hogares españoles contaba con al menos uno [1], esto implica que casi la totalidad de los españoles tiene acceso a dispositivos móviles, y por tanto, a las aplicaciones que utilizan realidad aumentada.

Equipamiento de las viviendas en algunos productos de tecnologías de información y comunicación

Años 2016 y 2017. (% de hogares)

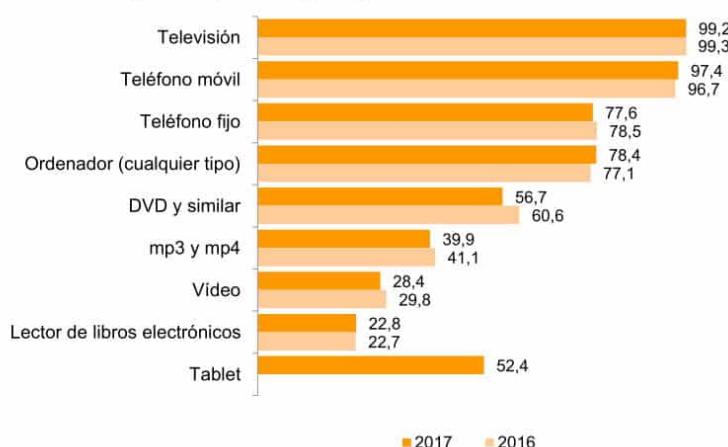


Figura 1.2: Imagen que muestra los porcentajes de hogares que cuentan con cada dispositivo tecnológico.⁴

1.1. Motivación

Personalmente, el estar una gran parte del tiempo de cada día utilizando mi teléfono móvil y jugando con él, me despertó la curiosidad acerca de como se desarrollan los videojuegos, y que es lo que hay detrás del producto que al final el usuario descarga de una tienda de aplicaciones.

Por otro lado, mi interés por el desarrollo del software me lleva a querer conocer y explorar este mundo, la experiencia de planificar y desarrollar un proyecto software al completo por mi mismo.

Las nuevas tecnologías siempre me han llamado la atención y me gusta estar informado sobre ellas, y viendo la revolución de la realidad aumentada me pareció un mundo apasionante por las capacidades ofrece, el poder fusionar el mundo virtual y real, y llevar a cabo aplicaciones y juegos con ella, me pareció algo fascinante y que sin duda me gustaría explorar.

La amplia disponibilidad de dispositivos móviles entre la población, y el alto nivel de uso diario que hacen los usuarios de estos, hace del desarrollo para estos dispositivos algo atractivo, ya que es probablemente la mayor plataforma para desarrolladores de software actualmente.

Esto junto con el crecimiento de la realidad aumentada, hace que un juego para dispositivos móviles que hace uso de esta tecnología, sea una opción muy interesante para un proyecto, que permite adquirir conocimientos en el desarrollo de videojuegos, en el desarrollo de aplicaciones móviles, y explorar la realidad aumentada y lo que puede aportar a las aplicaciones de dispositivos móviles actuales.

1.2. Estructura del documento

Este documento se divide en 7 capítulos, a continuación se detalla el contenido de cada uno de los capítulos del documento:

- **Capítulo 1, Introducción y objetivo:** En este capítulo se hace una pequeña introducción al proyecto, explicando la motivación por la que surgió el proyecto, la estructura del documento, y también se exponen los objetivos que han sido establecidos para este proyecto.
- **Capítulo 2, Estado del arte:** En este capítulo se hará una exposición de cual es el estado actual de la realidad aumentada, diferencias con

⁴Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en los Hogares. INE, B. (2017).

tecnologías similares, que aplicaciones tiene, varios estudios de mercado, etc. En resumen, este punto pone al lector en contexto de la situación actual de la realidad aumentada.

- **Capítulo 3, Análisis inicial del problema:** En este capítulo expondrá la idea inicial del juego, junto con su narrativa.
- **Capítulo 4, Metodologías a usar en el proyecto:** En este capítulo se explica la utilización de metodologías ágiles, del diseño centrado en el usuario y del funcionamiento del desarrollo de videojuegos.
- **Capítulo 5, Plan de entregas:** En este capítulo se detalla el plan de entregas llevado a cabo, y las historias de usuario realizadas para definir los requisitos que tendrá el sistema.
- **Capítulo 6, Desarrollo. Entregas e iteraciones:** En esta capítulo se recogerá el trabajo realizado durante las diferentes iteraciones, así como el resultado de las distintas entregas.
- **Capítulo 7, Conclusiones y Trabajos Futuros:** En este capítulo se expone el resultado del proyecto, las conclusiones obtenidas del desarrollo de éste y los trabajos futuros a realizar en el proyecto.

1.3. Objetivo

El objetivo principal de este proyecto es explorar que ventajas puede aportar la realidad aumentada, mas concretamente el SDK ARCore, a los juegos en dispositivos móviles, y mas específicamente a los juegos de mesa en dispositivos móviles. Por tanto, mediante este proyecto se adquirirá experiencia en el desarrollo con tecnologías de realidad aumentada.

Una vez mencionado el objetivo principal del proyecto vamos a detallar los objetivos mas específicos:

- Investigar una implementación para juegos de mesa virtuales que aporte un enfoque diferente al habitual.
- Aprender a planificar y desarrollar proyectos de software utilizando metodologías de desarrollo ágil.
- Aprender a desarrollar videojuegos utilizando la herramienta Unity.
- Adquirir conocimientos sobre la realidad aumentada y como ésta funciona.

- Analizar cuales son los SDK disponibles para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos móviles y cuales son las diferencias entre estas.
- Aprender a utilizar ARCore para crear experiencias de realidad aumentada.

Capítulo 2

Estado del arte

2.1. Realidad aumentada

Una de las primeras definiciones de realidad aumentada fue dada por Ronald Azuma en 1997 [2], y dice que la Realidad Aumentada es cualquier sistema que combine elementos reales y virtuales, que sea interactivo en tiempo real y que sea registrado en tres dimensiones. Por tanto, la realidad aumentada es una tecnología que permite añadir información virtual al mundo real a través de un dispositivo, es decir, permite mostrar el mundo real con objetos virtuales en éste, por lo que no pretende crear un mundo virtual, sino complementar al mundo real con más información.

2.2. Diferencias entre realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta

Las diferencias entre estas tres tecnologías son las siguientes [3]:

- **Realidad virtual:** Es una tecnología completamente inmersiva que consiste en convencer a tus sentidos de que estás en otro mundo que no es el real, es un mundo virtual. Usando un dispositivo que se coloca en la cabeza, la realidad virtual permite disfrutar de un mundo de imágenes y sonidos generado por ordenador en el que se puede manipular objetos, y moverse por dicho mundo usando controladores hapticos conectados a un ordenador o a una consola.
- **Realidad aumentada:** Es una tecnología que superpone información digital sobre elementos del mundo real. El elemento central es el mundo real, pero lo mejora con otros detalles digitales, complementando así la realidad.
- **Realidad mixta:** Es una tecnología que hace converger el mundo real y elementos digitales. En esta puedes interactuar y manipular tanto

elementos físicos como virtuales. La realidad mixta te permite sumergirte en el mundo que te rodea incluso cuando tú interactúas con el entorno virtual usando tus propias manos. Esta tecnología te permite tener un pie en el mundo real y el otro en un lugar imaginario.

2.3. Aplicaciones de la realidad aumentada

Para comprender mejor las posibilidades que la realidad aumentada ofrece, a continuación se muestran diferentes aplicaciones que esta puede tener y ejemplos de dichas aplicaciones en funcionamiento que son bastante interesantes:

- **Medicina:** La realidad aumentada puede aportar grandes avances a la medicina, ya que permite la visualización en 3D de objetos que bien pueden ser órganos o partes del cuerpo en el mundo real, por lo que puede facilitar a los médicos muchas tareas que requieran el estudio de modelos 3D. Por ejemplo, los doctores pueden utilizar la realidad aumentada con el objetivo de prepararse para una operación como se puede observar en la Figura 2.1, o simplemente para tareas de visualización médica, de igual manera que actualmente se utilizan los TAC o las resonancias magnéticas, pero los datos obtenidos con dichos escáneres se convertirían en modelos 3D que son mucho más sencillos de explorar que un conjunto de imágenes 2D. También se podría utilizar la realidad aumentada con el objetivo de entrenamiento para cirujanos que se están formando, mostrándoles instrucciones sobre un modelo 3D de cómo se debería realizar una determinada operación, ayudando así a que no necesiten consultar un manual y quitar la vista del “paciente”, si no que todo sería sobre dicho “paciente” que realmente es un modelo 3D [2].

² Philip Pratt, et al. Eur Radiol Exp, 2018



Figura 2.1: Profesionales médicos utilizando realidad aumentada como ayuda para una operación.²

- **Educación:** La realidad aumentada tiene mucho que aportar a la educación, ya que permite una forma interactiva de aprender que los libros no permiten. Por ejemplo, que mejor manera de aprender el sistema respiratorio que con uno a tamaño real en 3D que tú puedes explorar. Y la realidad aumentada no implica que los libros no sirvan y vayan a desaparecer, si no que puede suponer un complemento para dichos libros como se puede observar en la Figura 2.2, cambiando la forma en la que nos relacionamos con ellos, por ejemplo, con imágenes en los libros que al escanearlas muestren elementos 3D que nos permitan comprender mejor el contenido que se está exponiendo en dicho libro [4].



Figura 2.2: Libro que utiliza la realidad aumentada para mostrar el dibujo en 3D.⁴



Figura 2.3: Imagen que muestra la utilización de realidad aumentada en la retransmisión de deportes. [5]

- **Entretenimiento:** La realidad aumentada se puede aplicar en el entretenimiento relacionada a juegos, por ejemplo, mostrando los tableros de juego en una superficie plana en lugar de en la pantalla en 2D, como se puede ver en la Figura 2.4, pero también se puede aplicar la realidad aumentada en otras formas de entretenimiento diferentes, por ejemplo, en los deportes que se retransmiten, mostrando información relevante para los usuarios sobre dicho deporte, por ejemplo, en las carreras de coches, ya que puede estar grabado desde cierta distancia mostrar sobre cada coche información de quién es, su puesto y la velocidad que lleva como se puede ver en la Figura 2.3 [5].



Figura 2.4: Imagen que muestra la utilización de realidad aumentada en un juego.⁶

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=IeHKVC0XLe4>, Alibabach

- **Turismo:** La realidad aumentada puede dar una vuelta al turismo, teniendo un guía turístico en tu propio dispositivo móvil, por ejemplo, mediante el uso de realidad aumentada que utiliza la geolocalización, puede indicar los monumentos relevantes de la ciudad, la distancia a ellos y donde están a través de la cámara de un dispositivo móvil. También puede mejorar las experiencias turísticas actuales de una forma mucho más visual, cuando se esté en un sitio histórico te puede contar la historia de una forma más entretenida y visual, mostrando elementos 3D en el lugar, recreando lo que sucedió, como se puede observar en la Figura 2.5 [4].



Figura 2.5: Imagen que muestra un hecho histórico visualizándose con realidad aumentada. [18]

- **Comercio:** La realidad aumentada puede revolucionar el sector de las ventas por Internet, la mayor desventaja actual que tiene comprar por Internet es que el usuario se tiene que conformar con imágenes 2D del producto, la realidad aumentada permite romper esa barrera, y mostrar al usuario el producto en 3D, en tamaño real en su propia casa, por ejemplo, esto es muy útil con muebles, ya que necesitas las medidas del hueco que tienes y del mueble para saber si encajará en el hueco o simplemente si queda bonito en la habitación, con la realidad aumentada ambos problemas están solucionados, puedes ver el mueble en el hueco que quieras en tamaño real, lo que te permite saber si cabe y si queda bien. Un ejemplo de este tipo de aplicación se puede observar en la Figura 2.6.

⁶ <https://itunes.apple.com/us/app/stack-ar/id1269638287?mt=8>, Ketchapp

⁸ <https://itunes.apple.com/es/app/ikea-place/id1279244498?mt=8>, Ikea



Figura 2.6: Imagen que muestra la utilización de realidad aumentada en un juego.⁸

2.4. Formas de integrar la información digital con el mundo real

A la hora de trabajar con realidad aumentada, es necesario que la información que se sitúe en el mundo real vaya vinculada a un elemento, a continuación se listan los diferentes elementos a los que se puede vincular la información en una aplicación de realidad aumentada [6]:

- **Vincular la información a un marcador:** Un marcador es una imagen en blanco y negro que contiene un patrón, como puede ser un código QR, un ejemplo de marcador se puede ver en la Figura 2.7. Este tipo de tecnología almacena en memoria marcadores, y cuando se escanea dicho marcador se puede mostrar una información asociada a este con respecto a la posición de dicho marcador, como se puede ver en la Figura 2.8.

¹⁰ <http://www.himix.lt/augmented-reality/augmented-reality-using-armedia/>, Himix

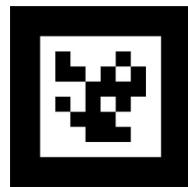


Figura 2.7: Imagen que muestra un ejemplo de marcador.

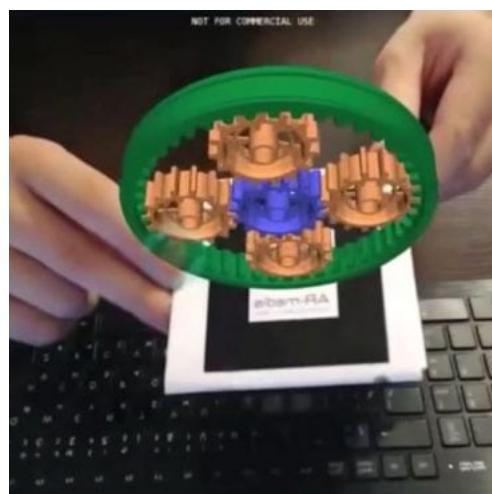


Figura 2.8: Imagen que muestra un marcador con un modelo 3D asociado a este.¹⁰

- **Vincular la información a una imagen fija o móvil:** Lo que hace es almacenar en memoria imágenes, y cuando dichas imágenes se escanean se puede mostrar una información asociada a dicha imagen con respecto a la posición de la imagen, cabe la posibilidad de que cuando dicha imagen esté en movimiento se pierda la información asociada a esta y se muestre cuando vuelva a estar fija, o por el contrario que dicha información asociada se desplace junto con la imagen. Podemos observar un ejemplo en la Figura 2.9.

¹² <https://vrscout.com/news/augmented-reality-app-1-dollar-bill-tour-white-house/>, Kyle Melnick



Figura 2.9: Imagen que muestra una imagen con un modelo 3D asociado a esta.¹²

- **Vincular la información a un objeto 3D:** Este proceso funciona de manera que en memoria se almacena un modelo 3D, posteriormente cuando se escanea el entorno se escanean los objetos en este, y se contrasta la información obtenida del escaneo con el modelo 3D que está en memoria (esto es posible con dispositivos como Kinect que se muestra en la Figura 2.10), si el modelo 3D en memoria coincide con el objeto 3D que se encuentra en la escena se puede asociar una información virtual a dicho objeto.



Figura 2.10: Imagen que muestra la herramienta Kinect.¹³

- **Vincular la información a una escena:** Lo que hace esta técnica es escanear las superficies del mundo real que se percibe por la cámara y asignar coordenadas a dichas superficies, a cada una de estas coordenadas se puede asociar información virtual, como se puede ver en la Figura 2.11, en la que a algunas coordenadas se ha asignado un modelo 3D del muñeco de Android, dicho modelo es la información virtual asociada a la coordenada.

¹³ <https://www.vidaextra.com/hardware/kinect-esta-oficialmente-muerto>, Sergio Cejas

¹⁵ <https://android.jlelse.eu/exploring-android-arcore-4463e15f928e>, Vortana Say



Figura 2.11: Imagen que muestra el reconocimiento de superficies de una escena y la asociación de información a una coordenada de esta escena.¹⁵

- **Vincular la información a una coordenada del mundo real:** Se tendrá la información asignada a dicha coordenada del mundo, y gracias al sistema GPS del dispositivo y otros sensores, permite que cuando dicha coordenada entre en el rango de visión del dispositivo, muestre la información asociada a esta, como se puede observar en la Figura 2.12.

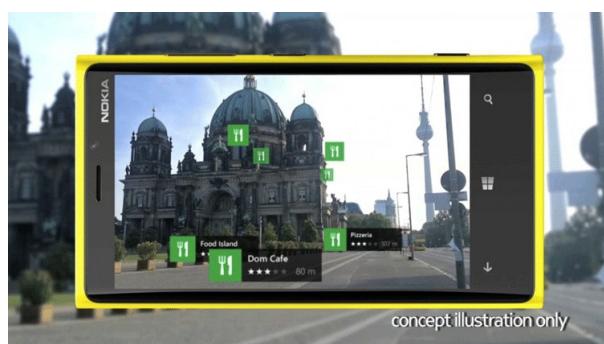


Figura 2.12: Imagen que muestra la visualización de información asociada a coordenadas del mundo real.¹⁷

2.5. Tecnologías de visualización de Realidad Aumentada

En esta sección se abordará los diferentes tipos de pantalla que permiten la visualización en realidad aumentada [7], veremos categorizadas estas pantallas por la tecnología que utilizan, y también por la situación de

¹⁷ <https://www.gislounge.com/augmented-reality-digital-map-revolution/>, Nokia

dichas pantallas entre el usuario y el mundo real.

Existen diferentes tecnologías para utilizar en pantallas para visualización de realidad aumentada:

- **Pantallas basadas en vídeo:** Estas pantallas mediante procesos digitales combinan imágenes virtuales con vídeo del mundo real. Estas pantallas son las más populares al estar en los dispositivos que usamos en el día a día como smartphones y tablets, como se puede ver en la Figura 2.13.

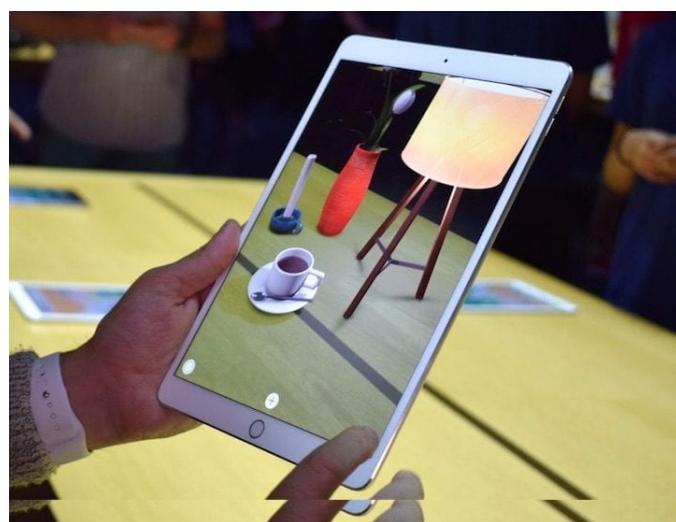


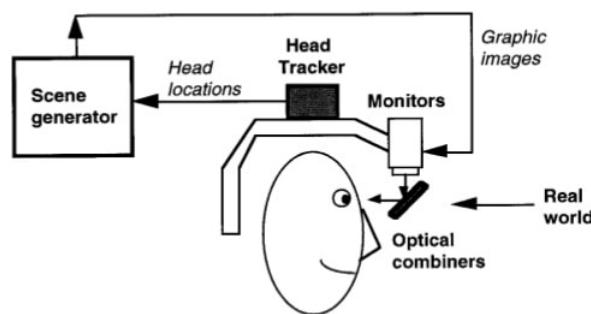
Figura 2.13: Imagen que muestra una tablet usando una aplicación de realidad aumentada.¹⁹

- **Pantallas ópticas transparentes:** Estas pantallas mediante sistemas ópticos combinan imágenes virtuales con vídeo del mundo real. Normalmente estas pantallas incluyen separadores de rayos, como un medio espejo, que permiten que en ese separador se vea la vista del mundo real a través del espejo, y los elementos virtuales añadidos, reflejados en el espejo, procedentes de una pantalla. En la Figura 2.14 se puede ver un esquema del funcionamiento de este tipo de pantallas.

¹⁹<https://urbantecno.com/tecnologia/arkit-realidad-aumentada-apple>, Eva Rodríguez de Luis

²¹Augmented Reality ppt. [Diapositivas de Power Point]. Recuperado de <https://www.slideshare.net/Khyati14Ganatra/augmented-reality-ppt-47315337>. Ganatra, K. (22 de abril de 2015).

Optical see-through HMD



15

Figura 2.14: Imagen que muestra un esquema de como funcionan las pantallas ópticas transparentes.²¹

- **Pantallas basadas en proyección:** Estas se encargan de proyectar las imágenes virtuales directamente sobre objetos del mundo real, como se puede ver en la Figura 2.15, esto combinado con el seguimiento de la posición del usuario y del objeto 3D, permite una aumentación interactiva. Por lo general, estos dispositivos suelen incluir un proyector montado en el techo o paredes.

²³2013 426 Lecture 2: Augmented Reality Technology. [Diapositivas de Power Point]. Recuperado de <https://www.slideshare.net/marknb00/2013-426-lecture-2-augmented-reality-technology>. Billinghurst, M. (23 de julio de 2013).

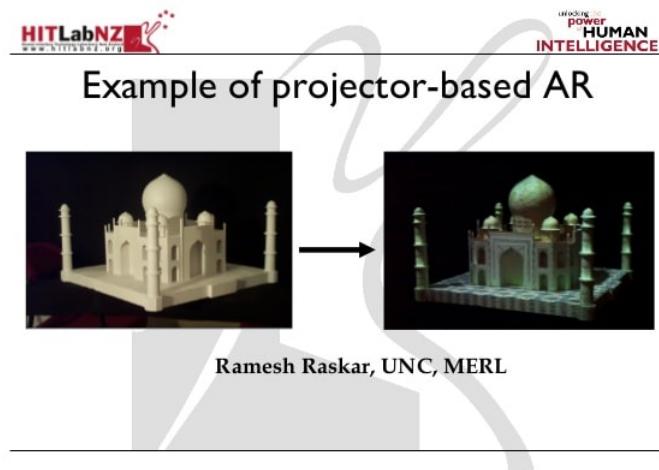


Figura 2.15: Imagen que muestra como sobre un objeto se proyecta para conseguir una apariencia de objeto real.²³

- **Pantallas de ojo multiplexado:** Esta pantalla a diferencia de las anteriores no proporciona el mundo real con las imágenes virtuales ya mezcladas, si no que le proporciona al usuario ambas vistas y es el usuario el encargado de combinarlas mentalmente. Normalmente estas pantallas se suelen situar bastante cerca del ojo del usuario, para facilitar así la integración de los elementos virtuales que la pantalla muestra en el mundo real. Un ejemplo de visión con este tipo de pantallas se puede observar en la Figura 2.16.



Figura 2.16: Imagen que muestra como es llevar las Google Glass puestas.²⁵

²⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=d-y3bEjEVV8>, Phandroid

Otra forma de categorizar los tipos de pantalla puede ser por la situación de la pantalla entre el usuario y el mundo real:

- **Head-attached displays:** Son dispositivos que van colocados en al ca-beza del usuario, y que pueden ser desde el tamaño de un casco al tamaño de unas gafas.
- **Hand-held display:** Son dispositivos que el usuario puede sujetar con las manos, generalmente serán smartphones y tablets.
- **Spatial displays:** Suelen ser pantallas que están colocadas en un dispositivo o habitación, por lo que no permiten mucha movilidad.

Algunos ejemplos de Head-attached displays:

- **Hololens:** Este dispositivo entraría dentro de las pantallas ópticas transparentes, básicamente tienen unas lentes transparentes que permiten ver el mundo real, pero a la vez en estas se proyectan hologramas que se integran perfectamente con el mundo real gracias a los sensores que las gafas llevan integrados [8].



Figura 2.17: Imagen de las gafas Hololens.²⁶

- **Google glass:** Este dispositivo entraría dentro de las pantallas de ojo multiplexado, son unas gafas que tienen un pequeño espejo semi-reflectivo en el que se muestran las imágenes, que al estar cerca del ojo superpone la información sobre el mundo real [9].

²⁶ <https://www.microsoft.com/es-es/hololens/commercial-overview>, Microsoft

²⁷ <https://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/no-estaban-muertas-google-glass-enterprise-salen-a-la-venta-y-para-esto-sirven-en-2017>, Xataka

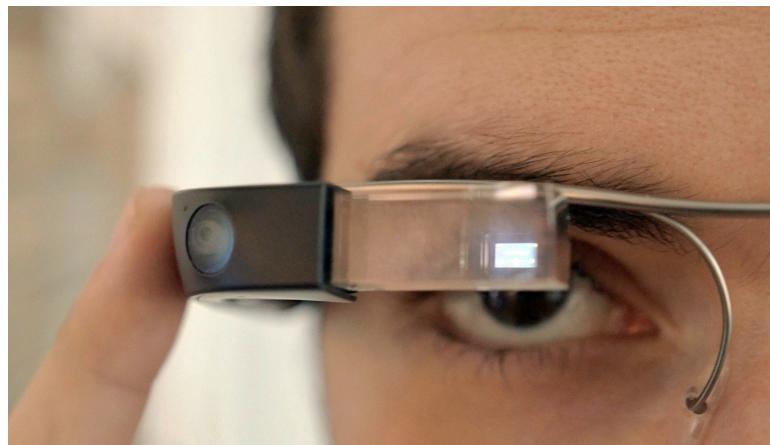


Figura 2.18: Imagen de las gafas Google Glass.²⁷

- **Meta glasses:** Este dispositivo entraría dentro de las pantallas ópticas transparentes, funciona igual que las Hololens, con la diferencia de que necesitan estar conectadas a un ordenador para llevar a cabo el procesamiento gráfico [10].



Figura 2.19: Imagen de las gafas Meta Glasses.²⁸

- **Magic Leap:** Este dispositivo entraría dentro de las pantallas ópticas transparentes, el funcionamiento de estas gafas es algo especial, dado que la pantalla es capaz de crear campos de luz como los que percibimos del mundo real, para que la visualización de un objeto 3D sea más natural y no canse la vista [11].

²⁸ <http://www.metavision.com/>, Meta

²⁹ https://elpais.com/tecnologia/2017/12/20/actualidad/1513784616_903835.html, El País



Figura 2.20: Imagen de las gafas Magic Leap.²⁹

- **Mira Headset:** Este dispositivo entraría dentro de las pantallas ópticas transparentes, básicamente dispone de unas gafas con cristal reflectivo y un hueco para colocar un smartphone, por lo que se puede ver a través, pero se ve superpuesta la imagen que muestra el dispositivo móvil gracias a la aplicación de la propia empresa [12].

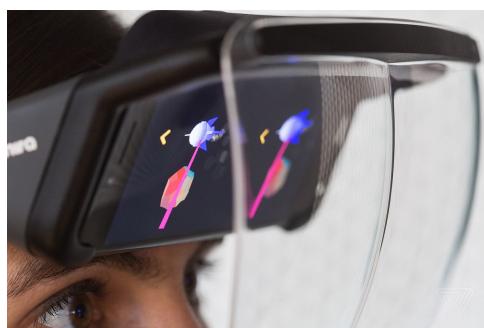


Figura 2.21: Imagen de las gafas Mira Headset.³⁰

2.6. Desarrollo de realidad aumentada

El desarrollo de aplicaciones que incorporen elementos de realidad aumentada se puede llevar a cabo de dos maneras, usando un SDK o utilizando herramientas de autor. Los SDK ofrecen una librería de código que permite acceder a las funciones de realidad aumentada, como por ejemplo, detectar una imagen y asociar información a esta. Por otro lado las herramientas de autor permiten asociar la información a elementos del mundo

³⁰ <https://www.theverge.com/2017/7/18/15948700/mira-prism-iphone-augmented-reality-headset-hands-on-announce>, The Verge

real de una forma sencilla, como puede ser mediante una interfaz gráfica. Los SDK tienen la ventaja de ofrecer mas libertad, mientras que las herramientas de autor ofrecen facilidad en el desarrollo.

2.6.1. Librerías

- **ARKit:** Es la librería creada por Apple para llevar la realidad aumentada a los dispositivos iOS que dispongan de la versión 11 o superior, hace uso de tecnologías similares a ARCore para conocer la posición del dispositivo, detectar superficies horizontales, verticales e irregulares y para conocer las condiciones de luz del entorno [13].
- **Vuforia:** Es un SDK de realidad aumentada muy popular que permite desarrollar aplicaciones tanto para Android como para iOS, su funcionamiento consiste en introducir modelos virtuales en diferentes targets u objetivos, que serán detectados por la cámara. Estos objetivos pueden ser imágenes planas como la página de una revista o una fotografía sobre las que se puede colocar un modelo virtual, objetos con diferentes superficies planas, en las que cada superficie plana se considera un objetivo diferente, o modelos que a partir de un modelo 3D permite reconocer uno real a través de la cámara, y utilizarlo como objetivo, por ejemplo coches o juguetes [14].
- **EasyAR:** Es un SDK de realidad aumentada que permite desarrollar aplicaciones tanto para Android como para iOS, contiene varias API que permiten programar en c, c++, java en caso de hacer la aplicación para Android y Swift en caso de hacer la aplicación para iOS, permite la detección de imágenes planas, es decir, fotos o páginas de revista entre otros sobre las que se puede colocar el modelo virtual, permite la detección de varios objetivos simultáneamente y que el reconocimiento de objetivos se haga en la nube, también permite el seguimiento de objetos 3D [15].
- **Wikitude:** Es un SDK de realidad aumentada muy reconocida que permite desarrollar aplicaciones tanto para Android, iOS y Smartglasses. Incluye en un mismo SDK ARCore y ARKit con su propia plataforma. Permite el reconocimiento de objetos, de imágenes, sobre las que permite colocar un modelo virtual, también permite la geolocalización y el reconocimiento en la nube [16].

2.6.2. Herramientas de autor

- **AR Studio:** Es una herramienta desarrollada por Facebook que te permite crear efectos/elementos que se pueden aplicar al mundo real cuando usas la cámara, es capaz de seguir varios puntos en una cara

y de detectar superficies planas, lo que permite aplicar dichos efectos/elementos a esos puntos. La forma de crear estas experiencias de realidad aumentada es mediante un editor gráfico, lo que facilita el proceso [17].

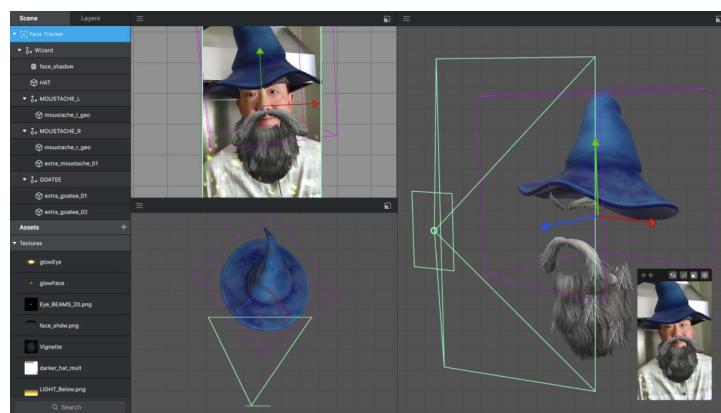


Figura 2.22: Imagen que muestra el editor AR Studio.³¹

- **Layar:** Es una herramienta desarrollada por la propia empresa Layar, que permite de una forma sencilla crear experiencias de realidad aumentada a partir de una imagen que tú cargas, y la forma de crear esa experiencia es con un editor gráfico. Por ejemplo, puedes poner la imagen de una tarjeta de felicitación y con el editor crear los elementos de realidad aumentada que surgirán a partir de la tarjeta [18].

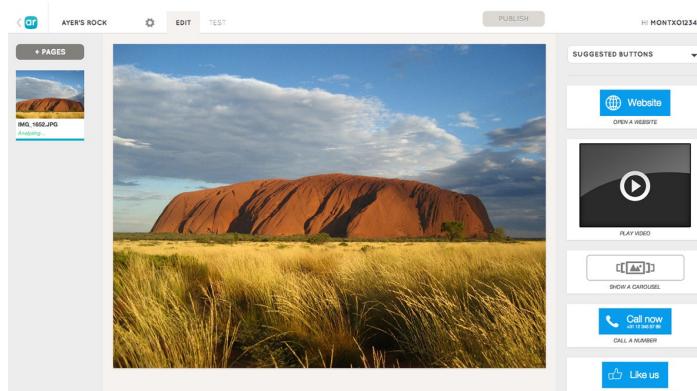


Figura 2.23: Imagen que muestra el editor Layar Creator.³²

³¹ <https://marketingland.com/hands-facebooks-ar-studio-create-snapchat-like-camera-effects-212664>, Marketing Land

³² <https://www.behance.net/gallery/15241153/Layar-Creator-20>, Behance

2.6.3. ARCore

Este SDK concreto es el que se va a utilizar en el desarrollo del proyecto, por lo tanto, se expondrán con mayor profundidad sus características.

Es la librería creada por Google para llevar la realidad aumentada a los dispositivos Android que dispongan de la versión 7 o superior, esta librería se basa en el uso de tres tecnologías, motion tracking para que el teléfono conozca cuál es su posición relativa al mundo real, environment understanding para que el teléfono detecte la posición y tamaño de superficies horizontales planas y light estimation para que el teléfono pueda conocer las condiciones de luz del entorno.

La tecnología motion tracking que utiliza le permite a través de la cámara identificar puntos interesantes del mundo y ver cómo estos puntos se mueven con el tiempo. Y combinando el movimiento de dichos puntos y los sensores del teléfono puede determinar la posición y orientación del teléfono conforme este se mueve por el espacio.

Además de estos puntos de interés, ARCore detecta superficies planas, que junto con la estimación de luz le permiten construir su propia representación del mundo.

Esta representación del mundo permite situar información como objetos, anotaciones, etc. que se integra perfectamente en el mundo real [19].

Elementos destacables de ARCore:

- **Augmented Images:** Permite a una aplicación que hace uso de la tecnología ARCore, detectar imágenes 2D en el mundo real y sabe las posiciones de estas, es decir, sabe dónde está cada imagen escaneada con respecto al mundo real, por lo que puedes moverte, y la aplicación seguirá teniendo el conocimiento de que está ahí situada esa imagen. Y a una imagen puedes asociar elementos 3D, que se situarán donde el desarrollador indique con respecto a la posición de la imagen a la que están asociados, por lo que, una vez detectada puedes moverte que los elementos 3D mostrados seguirán en esa posición aunque la imagen desaparezca de cámara, ya que, como se ha explicado mantiene la posición de dicha imagen, y por tanto, de sus elementos asociados con respecto al mundo real. No permite el reconocimiento de una imagen en movimiento, por lo que una vez la imagen se vuelva a parar, volverá a reconocerla y mostrar los elementos 3D asociados a ella. Se puede utilizar desarrollando con Android, Android NDK, Unity y Unreal Engine [20].

- **Cloud Anchors:** Permite a una aplicación que hace uso de la tecnología ARCore, compartir Anchors entre distintos dispositivos. Un Anchor describe una ubicación fija y una orientación en el mundo real, por lo que se puede usar para entonces enlazar objetos a ese anchor, de forma que ese objeto tomará esa posición en el mundo y esa orientación y no se modificará, aportando así una mayor sensación derealismo [21]. Por tanto, al compartir estos anchors, si desde otro dispositivo escaneas la misma escena, va a ser capaz de posicionar dicho anchor en el dispositivo actual, y mostrar los elementos enlazados a dicho anchor en el dispositivo, permitiendo así crear experiencias compartidas. Este componente está disponible tanto para Android como para iOS, de forma que un juego desarrollado para diferentes sistemas operativos pueda compartir esta información, fundamental para las experiencias de realidad aumentada compartidas. Se puede utilizar desarrollando con Android, Android NDK, Unity y Unreal Engine [22].
- **Sceneform:** Permite a una aplicación que utiliza ARCore trabajar con dicha tecnología sin necesidad de tener conocimientos acerca de gráficos 3D y OpenGL. Sceneform añade un plugin a Android Studio que permite importar, ver y construir modelos 3D, y también añade una API de alto nivel para los gráficos de escena, todo esto integrable de forma sencilla con ARCore de forma que es sencillo hacer aplicaciones de realidad aumentada [23].

Actualmente ARCore tiene soporte para desarrollo en las siguientes plataformas:

- **Android:** Se utilizará el framework “Android Studio”, y el lenguaje Java.
- **Android NDK (Kit de desarrollo nativo):** Se utilizará el framework “Android Studio”, y el lenguaje C o C++. Android NDK consiste en un conjunto de herramientas que te permiten utilizar código C o C++ en aplicaciones Android, de forma que, por ejemplo, puedes utilizar bibliotecas que ya tenías, mejorar el rendimiento de la aplicación o conectar una aplicación entre plataformas [24].
- **iOS:** ARCore permite que mientras se desarrolla utilizando ARKit, mediante la SDK que proporcionan puedes utilizar anchors que otro dispositivo ha creado, usando la característica “Cloud Anchor”, o crear esos anchors y compartirlos.
- **Unity:** Permite el desarrollo de videojuegos con Unity utilizando el SDK de ARCore para esta plataforma, la programación de los scripts característicos de Unity se llevará a cabo utilizando el lenguaje C o UnityScript, lenguaje que fue creado con JavaScript como base [25].

- **Unreal Engine:** Permite el desarrollo de videojuegos con Unreal Engine utilizando el SDK de ARCore para esta plataforma, la programación en Unreal se lleva a cabo utilizando el lenguaje C++ [26].
- **Web:** Permite el desarrollo web utilizando Realidad Aumentada, de forma que usando la librería javascript “three.ar.js”, y un navegador especial para realidad aumentada que ellos proporcionan, se puede utilizar la realidad aumentada en tecnologías web [27].

2.6.4. Tabla comparativa de librerías

Librería	Plataformas compatibles	Licencia	Detección de imágenes	Seguimiento de imagen	Compartir experiencia entre dispositivos
ARKit	iOS, Xcode	Libre	Si	Si	Si
Vuforia	Android, iOS, Unity	Comercial y Libre	Si	Si	No
EasyAR	Android, iOS, Unity	Comercial y Libre	Si	Si	No
Wikitude	Android, iOS, Titanium, Xamarin, Cordova, Unity	Comercial	Si	Si	No
ARCore	Android, Unity, Unreal Engine, Android Studio, iOS	Libre	Si	No	Si

Tabla 2.1: Tabla comparativa de librerías.

2.7. Interfaces tangibles

A la hora de interactuar con una aplicación de realidad aumentada para dispositivos móviles hay dos opciones, se puede interactuar mediante la pantalla del dispositivo, o mediante el uso de elementos físicos. Estos elementos físicos son considerados interfaces tangibles, ya que nos permiten interactuar con la aplicación mediante la manipulación de dichos elementos físicos.

Las interfaces tangibles aportan una experiencia mucho mas natural para el ser humano, ya que el ser humano esta acostumbrado a interactuar con elementos físicos y le resulta mucho mas natural que realizar toques en una pantalla, que si bien es sencillo de hacer, no resulta tan realista para el usuario.

Las interfaces tangibles son interfaces de usuario mediante las cuales el usuario interactúa con la información digital a través del entorno físico [28].

El mayor ejemplo de interfaz tangible es el ratón, en el caso de la realidad aumentada la interfaz tangible consiste en un elemento, que al entrar dentro del rango de la cámara se convierte en un elemento que puede modificar la información virtual que se está mostrando en la pantalla.

Como ejemplo de interfaces tangibles en realidad mixta tenemos los "Motion controllers" del kit "Microsoft Mixed Reality", son dos mandos que al ser reconocidos por los sensores del casco permiten modificar elementos virtuales [29].



Figura 2.24: Imagen que muestra los "Motion controllers".³³

Como ejemplo de interfaces tangibles en realidad aumentada tenemos ARtalet, es un proyecto que permite reconocer la posición de un ratón puntero por unas pegatinas en la punta de éste, y recibe señales de los botones del ratón. Mediante los botones del ratón y ese puntero que reconoce la cámara son capaces de manipular otros elementos virtuales que se habían situado en el entorno real que la cámara percibe [30].

³³ <https://www.anandtech.com/show/11841/dells-visor-windows-mixed-reality-headset>, Anandtech

³⁵ ARtalet: tangible user interface based immersive augmented reality authoring tool for Di-

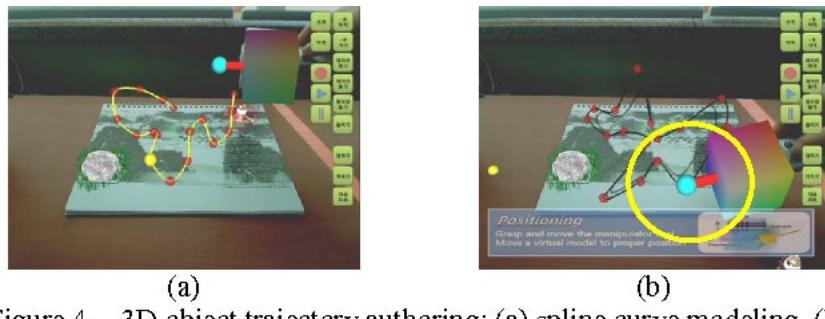


Figure 4. 3D object trajectory authoring: (a) spline curve modeling, (b) edit of the shape of the trajectory.

Figura 2.25: Imagen que muestra la interfaz tangible utilizada en ARTalet.³⁵

2.8. Estudio de mercado sobre aplicaciones que hacen uso de realidad aumentada

Este estudio de mercado explora los diferentes usos que se da a la realidad aumentada en aplicaciones actualmente, por lo que se listarán los tipos de uso:

- **Puzzle-Perspectiva:** Consisten en puzzles que se resuelven utilizando la perspectiva, moviéndote alrededor del puzzle que se muestra en 3D sobre una superficie plana.
- **Mazelith:** Este juego ha utilizado el 3D para que en función del lugar desde el que visualices la pieza se pueda resolver el puzzle, uniendo la vía por la que circula la luz. La ventaja que le da la realidad aumentada a este juego es el aumento de realismo, ya que ahora lo juegas físicamente moviéndote alrededor en lugar de mover la escena con los dedos para encontrar la perspectiva adecuada.

gilog book. In Ubiquitous Virtual Reality (ISUVR), 2010 International Symposium on (pp. 40-43). IEEE. Ha, T., Woo, W., Lee, Y., Lee, J., Ryu, J., Choi, H., Lee, K. (2010, July).

³⁶ <https://itunes.apple.com/es/app/mazelith/id1328826457?mt=8>, Monogrid

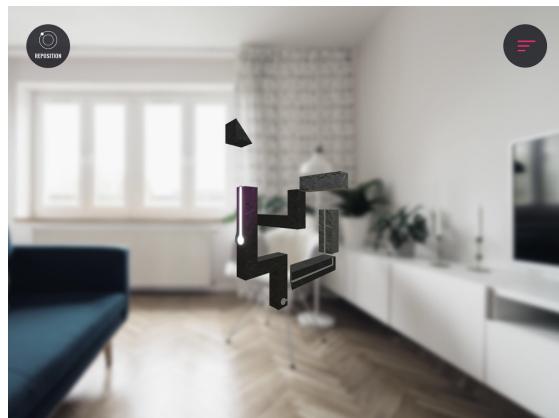


Figura 2.26: Imagen que muestra el juego Mazelith.³⁶

- **Shooter:** Consisten en enemigos virtuales que se muestran en el espacio físico de tu alrededor, a los cuales tienes que disparar para conseguir más puntuación.
 - **Ghosts'n guns - AR Shooter:** Este juego utiliza el concepto de shooter clásico, en el que te aparecen enemigos y tienes que dispararles hasta derrotarlos. Utiliza la realidad aumentada de forma que ahora en lugar de estar todo dentro de la pantalla, tu eres el que dispara en la vida real y tienes que apuntar con el móvil bien para acertar, introduciendo un mayor realismo en el juego.

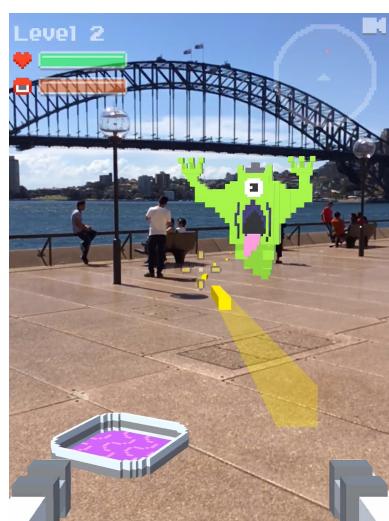


Figura 2.27: Imagen que muestra el juego Ghosts'n guns.³⁷

2.8. Estudio de mercado sobre aplicaciones que hacen uso de realidad aumentada

30

- **Mapa 3D:** Consisten en juegos que sitúan un mapa sobre una superficie plana, y la dinámica del juego es la misma que si fuera en 2D en la pantalla, pero ahora recibes nuevas perspectivas en 3D.
 - **Siege Breakers:** Este juego consiste en demoler edificios colocando explosivos estratégicamente. La aplicación de realidad aumentada en este caso permite una mejor experiencia de usuario, ya que resulta más sencillo moverse alrededor del edificio y por tanto la decisión de dónde colocar el explosivo será más sencilla y efectiva.



Figura 2.28: Imagen que muestra el juego Siege Breakers.³⁸

- **Juegos de mesa:** Consisten en un juego de mesa, que en lugar de mostrarse en la pantalla, se sitúa en una superficie plana, por ejemplo una mesa, dando una sensación de jugar un juego de mesa real.
 - **Chess+ AR:** Este juego consiste en situar un tablero de ajedrez en una superficie plana del mundo real, y jugar una partida de ajedrez. La realidad aumentada permite situar el tablero en el mundo real, dando la sensación de ser un juego real, aunque físicamente no esté.

³⁷ <https://itunes.apple.com/us/app/ghosts-n-guns-ar/id1312708394?mt=8>, Turbo Chilli Pty Ltd

³⁸ <https://itunes.apple.com/es/app/siege-breakers/id1276405526?mt=8>, Halfbrick Studios

³⁹ <https://itunes.apple.com/us/app/chess-ar/id1273831380?mt=8>, Jorge Moreno Aguilera



Figura 2.29: Imagen que muestra el juego Chess+ AR.³⁹

- **Exploración:** Consisten en aprovechar el conocimiento de la posición del dispositivo en el entorno físico, y que se almacena todas las superficies a tu alrededor, de forma que se aprovechan todas estas superficies registradas, por ejemplo, enterrando cofres del tesoro, y en el siguiente turno el otro jugador tiene que desenterrarlos.
- **AR Runner:** Ese juego consiste en recorrer un circuito físicamente, ya mostrando puntos y tienes que situarte sobre estos para completar esa parte del circuito. La realidad aumentada igual que en el caso anterior permite algo que hasta ahora no existía, y es convertir el mundo real en el mapa de juego.

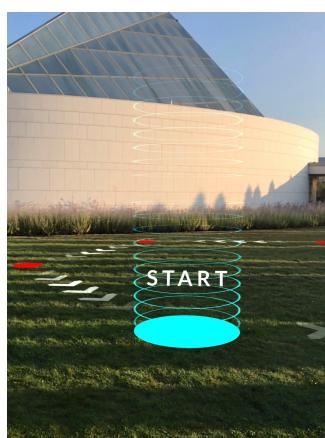


Figura 2.30: Imagen que muestra el juego AR Runner.⁴⁰

⁴⁰ <https://itunes.apple.com/us/app/ar-runner/id1275938861?mt=8>, Semidome Inc.

2.8. Estudio de mercado sobre aplicaciones que hacen uso de realidad aumentada

32

- **Astronomía:** Consisten en mostrarnos las constelaciones y elementos del universo basado en nuestra geolocalización, y estos se muestran sobre lo que la cámara recibe, es decir si quieras ver las constelaciones por la noche apuntas con la cámara y te indica donde estas están y te las muestra facilitando su visualización y localización.

- **Night Sky:** Esta aplicación consiste en visualizar las constelaciones, satélites y más elementos del universo, mostrándote donde se encuentran cada uno de los elementos para facilitar al usuario su visualización. La realidad aumentada aporta una mejor experiencia de usuario, al facilitar el proceso de encontrar donde se sitúan estos elementos, ya que al mostrar sobre lo que percibe la cámara es más fácil para el usuario localizarlo.



Figura 2.31: Imagen que muestra la aplicación Night Sky.⁴¹

- **Utilidades:** Permiten al usuario llevar a cabo varias tareas que antes eran más difíciles de realizar o para las que necesitabas un dispositivo especial para realizarlas, y que ahora se pueden hacer solamente contigo un smartphone.

- **AR MeasureKit:** Esta aplicación permite realizar mediciones en el mundo real utilizando solo la cámara. La realidad aumentada permite en este caso realizar una tarea que antes era imposible si no disponías de algún dispositivo de medida.

⁴¹ <https://itunes.apple.com/es/app/night-sky/id475772902?mt=8>, iCandi Apps

⁴² <https://itunes.apple.com/es/app/ar-measurekit/id1258270451?mt=8>, Rinat Khanov



Figura 2.32: Imagen que muestra la aplicación AR MeasureKit.⁴²

■ **Entretenimiento:** La funcionalidad principal es generar el entretenimiento del usuario o la creación de contenido situando elementos virtuales al entorno físico y después fotografiando o grabando.

- **Monster Park:** Esta aplicación te permite colocar diferentes dinosaurios en tu propia habitación permitiéndote hacer fotos o videos con ellos en la escena. La realidad aumentada permite que fotos con elementos inusuales, como puede ser un dinosaurio, se puedan realizar sin necesidad de photoshop y muchas horas de trabajo, y consiguiendo un mejor resultado.

⁴³ [https://itunes.apple.com/es/app/monster-park-mundo-dinosaurio/
id1259767702?mt=8](https://itunes.apple.com/es/app/monster-park-mundo-dinosaurio/id1259767702?mt=8), Vito Technology Inc.

2.8. Estudio de mercado sobre aplicaciones que hacen uso de realidad aumentada

34



Figura 2.33: Imagen que muestra la aplicación Monster Park.⁴³

- **Educación:** Son aplicaciones que tienen un propósito educativo o de compartir conocimientos.

- **Insight heart:** Es una aplicación que te permite ver en 3D el corazón y sistema circulatorio. La realidad aumentada permite una forma mucho más sencilla, útil e intuitiva de entender el cuerpo humano, ya que al poder explorarlo moviéndote alrededor de este es mucho más natural y puedes ver todo mejor.

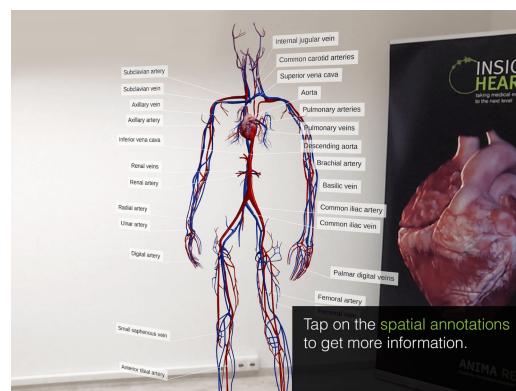


Figura 2.34: Imagen que muestra la aplicación Insight Heart.⁴⁴

⁴⁴ <https://itunes.apple.com/us/app/insight-heart/id1280845473?mt=8>, ANIMARES

2.9. Estudio de mercado sobre juegos de mesa que hacen uso de realidad aumentada

Este estudio de mercado explora la forma en la que se aprovecha la realidad aumentada en los juegos de mesa en la actualidad:

- **Chess+ AR:** Sobre una superficie plana sitúa un tablero virtual de ajedrez, en el que se puede jugar una partida moviendo las fichas, llevando a cabo la interacción con el juego de manera virtual, es decir, a través de la pantalla.



Figura 2.35: Imagen que muestra el juego Chess+ AR.⁴⁵

- **AR Sea Wars:** Sobre una superficie plana se sitúa un tablero virtual, en este tú puedes colocar tus barcos y jugar para hundir los del adversario interactuando con la pantalla de forma virtual.

⁴⁵ <https://itunes.apple.com/us/app/chess-ar/id1273831380?mt=8>, Jorge Moreno Aguilera

⁴⁶ <https://itunes.apple.com/us/app/ar-sea-wars/id1334666859?mt=8>, Dutch Rose Media

2.9. Estudio de mercado sobre juegos de mesa que hacen uso de realidad aumentada

36



Figura 2.36: Imagen que muestra el juego AR Sea Wars.⁴⁶

- **AR Tic Tac Toe Multiplayer:** Sobre una superficie plana sitúa un tablero del juego “tres en raya”, y mediante la pantalla eliges donde poner el círculo o la cruz, por tanto, la interacción con el juego se hace completamente de manera virtual.



Figura 2.37: Imagen que muestra el juego AR Tic Tac Toe Multiplayer.⁴⁷

⁴⁷ <https://itunes.apple.com/es/app/ar-tic-tac-toe-multiplayer/id1266613567?mt=8>, Code House Software SRL

- **Roar! AR Boardgame hybrid game:** Permite al detectar el tablero de juego, establecer los elementos virtuales que servirán para el juego sobre este, convirtiendo parte de esa interacción en física y dando así un toque de realismo al juego.



Figura 2.38: Imagen que muestra el juego Roar! AR Boardgame hybrid game.⁴⁹

- **Augmented Reality Chess:** Permite al detectar marcadores establecer la pieza correspondiente a dicho marcador, y por tanto, permite jugar al juego mediante una interacción física, a partir del tablero y las fichas. Añadiendo así una sensación de realismo junto con la espectacularidad estética de la realidad aumentada.



Figura 2.39: Imagen que muestra el juego Augmented Reality Chess.⁵⁰

⁴⁹ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.TreflSA.Roar>, Trefl

⁵⁰ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.contralabs.game.archess>, Contra Labs Oficial

2.10. Conclusiones

Una vez realizado el estudio del arte, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- La realidad aumentada es una tecnología que supondrá parte importante de las aplicaciones móviles en el futuro, ya que a pesar de estar empezando, ya se encuentra ciertamente avanzada para comenzar a ser utilizada, y el número de aplicaciones que esta ofrece es muy grande, abarcando desde el puro entretenimiento hasta el uso médico. El uso de esta tecnología en un juego de mesa es innovador y puede aportar una experiencia que mejore la de los juegos físicos y videojuegos tradicionales, combinando el mundo real y el virtual, en el punto exacto en el que se mantiene el realismo de un juego físico, y se aprovecha la espectacularidad visual de la realidad aumentada.
- El SDK ARCore es una apuesta segura para el desarrollo de aplicaciones que utilicen realidad aumentada en dispositivos móviles, dado que Google está apostando fuertemente por esta tecnología. ARCore acaba prácticamente de nacer, y le queda mucho por mejorar, por lo que veremos muchos avances en los próximos meses y años, ofrecerá nuevas características que hasta ahora son probablemente inimaginables para la realidad aumentada en un dispositivo móvil de masas, todo esto hace que sea un valor seguro aprender como funciona este SDK y ser capaz de desarrollar aplicaciones móviles con él.
- Como se puede observar en el estudio realizado sobre aplicaciones que utilizan realidad aumentada, la mayoría de aplicaciones y juegos que la utilizan se basan en poner elementos virtuales en el mundo real, ya sea asociados a una imagen o en una superficie plana, pero sin realizar una combinación de lo real y virtual. Por tanto, se puede observar la necesidad de juegos con realidad aumentada que utilicen elementos físicos para que no sea una experiencia puramente virtual, si no que se aprovechen los elementos virtuales para mejorar la realidad, de forma que se complementen.
- Por otro lado, en el estudio sobre juegos de mesa que utilizan realidad aumentada, se puede observar que la mayoría de estos juegos actualmente se basan en establecer todos los elementos sobre una superficie plana, sin embargo, solo unos pocos hacen uso de elementos físicos, lo que indica que hay un gran hueco para juegos que juntan componentes físicos con realidad aumentada, lo que permite que manteniendo una experiencia realista gracias a los elementos físicos, se pueda disfrutar de la espectacularidad de la realidad aumentada.

- Tras realizar el estudio del arte y los estudios de mercado, se ha decidido desarrollar un juego que utilice la realidad aumentada y que se base en juegos de tablero. La idea inicial es añadir información virtual al tablero de juego y convertirlo en una especie de interfaz tangible en la que se consigue una perfecta unión entre los elementos físicos de interacción con el juego, y los elementos de interacción virtuales/aumentados.

Estas conclusiones nos han llevado a establecer unos requisitos para el proyecto, con respecto al uso de la realidad aumentada:

- El juego deberá contener los elementos enlazados a un tablero físico, de forma que mantenga un cierto realismo.
- Se permitirá realizar ciertas acciones utilizando cartas, para así añadir una forma de interacción física en el juego, obteniendo el realismo que se quiere alcanzar.
- Habrá que mantener un balance entre elementos físicos y virtuales, para que a la vez que aprovecha el potencial de la realidad aumentada, siga manteniendo el realismo de un juego físico.
- Deberá ser posible interactuar con algunos de los elementos 3D asociados al juego, para que no sea simplemente situarlos en un sitio y manejar el juego como si fuera un videojuego tradicional, si no aprovechar las posibilidades de la realidad aumentada, y trasladar toda la interacción posible con el juego a los elementos 3D.

Capítulo 3

Análisis inicial del problema

En este capítulo se recoge el juego del que parte el proyecto, lo que es ARCore y como puede ayudar al juego, la propuesta inicial del juego, junto con la narrativa de éste, y por último las primeras ideas sobre como ampliar el juego con realidad aumentada.

3.1. Juego de partida

El juego de partida del proyecto es Cluedo, este es un juego de mesa de estrategia y misterio que consiste en resolver un asesinato.

El modo de funcionamiento de dicho juego consiste en que, al empezar el asesinato ya se ha cometido con un arma y en una habitación, por lo que el objetivo principal de los jugadores es descubrir quien lo hizo, con que arma y en que habitación.

La forma de descubrir los datos del asesinato es investigando en las diferentes habitaciones, cada jugador puede moverse a donde la tirada de dados le permita y una vez en la habitación podrán hacer una deducción sobre dicha habitación, indicando arma y personaje, de forma que el jugador de la izquierda tiene que enseñar alguna de las cartas de la deducción si las tiene, en caso de que no lo hará el siguiente personaje y así.

Con esta información el jugador puede ir marcando que elementos pueden ser o no parte del asesinato, y en el momento que crea saber la solución tendrá que realizar una acusación. En caso de ser esta cierta ha ganado, y en caso contrario deja de jugar.

En la Figura 3.1 se puede observar el juego de mesa Cluedo en formato físico.



Figura 3.1: Imagen que muestra los elementos del juego de mesa Cluedo.¹

3.2. ARCore

ARCore es un SDK de Google para dispositivos móviles que utilizan el sistema operativo Android. Este SDK contiene las funciones necesarias para construir aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos móviles normales sin necesidad de sensores especiales.

ARCore permite hacer un reconocimiento inteligente del mundo real que le rodea, puede detectar superficies e imágenes, y esto último es lo que nos interesa, ya que esta detección de imágenes nos permitirá aumentar un juego de mesa a partir del tablero.

La utilización de ARCore para desarrollar una versión aumentada del Cluedo nos permitirá a partir del tablero añadir elementos virtuales, y mediante el manejo de estos elementos virtuales o otros elementos físicos como cartas que se introducen en el campo de visión de la cámara, se podrá interactuar con el juego obteniendo una experiencia realista a la vez que muy espectacular gracias a los elementos virtuales que se sitúan en el mundo real.

¹https://www.amazon.es/Hasbro-Gaming-38712546-Games-Cluedo/dp/B01CELLR22/ref=sr_1_3?s=toys&ie=UTF8&qid=1532779025&sr=1-3&keywords=cluedo, Hasbro

3.3. Propuesta inicial del juego

El juego consistirá en un tablero que contendrá habitaciones, sobre las que los jugadores se pueden desplazar.

Los jugadores tendrán que investigar los datos del crimen, al inicio del juego se establecerá aleatoriamente un asesino, un arma y una habitación, y para averiguar los datos de este crimen el usuario tendrá que realizar una acusación.

Para realizar una acusación el jugador tendrá que indicar un personaje, una arma y una habitación. En el caso de que acierte el jugador ha ganado, en caso de que falle el jugador se pasa al turno del siguiente.

Cada habitación tendrá una distancia con las otras, y el jugador lanzando los dados puede desplazarse a las habitaciones que este lanzamiento les permita.

El jugador tiene que desplazarse entre las distintas habitaciones para obtener diferentes pistas en cada una de ellas, y las pistas serán diferentes para los distintos jugadores. Las pistas se mostrarán únicamente cuando el jugador llega a una habitación por primera vez.

Se podrá anotar información sobre los personajes/armas/habitaciones sospechosos, de forma que el jugador podrá marcar con una X si sabe seguro que ese personaje/arma/habitación, ayudando así a descubrir los datos del asesinato.

3.3.1. Narrativa

En la mansión de un aristócrata se celebra una fiesta, el anfitrión ha invitado a sus seis mejores amigos. Durante la velada uno de los amigos del anfitrión le asesina, en una habitación y con un arma específicos, los amigos encuentran el cadáver del anfitrión en el sótano y llaman a detectives para que investiguen el asesinato, de forma que ninguno de los amigos puede salir de la mansión hasta que se haya descubierto quien es el asesino.

El juego comienza cuando los detectives llegan a la mansión, estos detectives se tendrán que encargar de desplazarse por las diferentes habitaciones de la casa investigando hasta averiguar quien fue el asesino, con que arma cometió dicho asesinato y en que habitación.

3.3.2. Realidad aumentada

Este juego ofrece muchas posibilidades en la forma en la que implementarlo utilizando realidad aumentada, estas son las ideas iniciales sobre cómo implementar el juego con realidad aumentada:

- Detectar el tablero de juego, y a partir de esta imagen mostrar los elementos, que incluyen personajes/habitaciones/armas 3D, en las habitaciones que le correspondan.

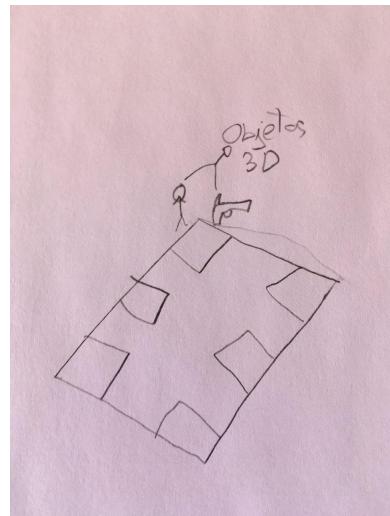


Figura 3.2: Imagen que muestra un boceto con elementos 3D sobre el tablero de juego.

- Mostrar cartas en 3D alrededor del tablero de juego, que muestren las notas del jugador, de forma que una carta se puede marcar o desmarcar en función de las sospechas sobre ese elemento, indicando que el personaje/arma/habitación puede haber cometido el asesinato o no. Si tiene una cruz no ha podido ser ese elemento, si no tiene cruz o bien aun no se sabe o ya sa tiene claro que ese elemento forma parte del asesinato.

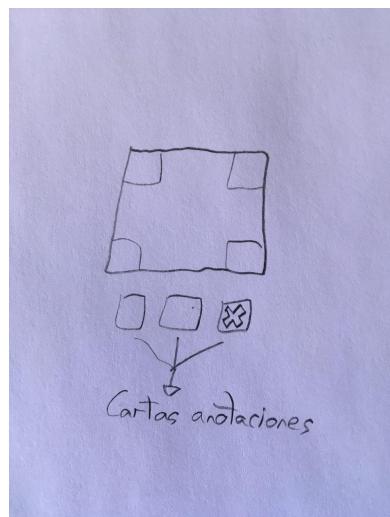


Figura 3.3: Imagen que muestra un boceto con cartas alrededor del tablero de juego.

- Mostrar diferente información a los diferentes jugadores, de forma que cuando se pase de turno, por ejemplo, las pistas sean diferentes para los diferentes jugadores, así tienen información diferente en función de como exploren las habitaciones cada uno.
- Mostrar los botones de funcionalidad, por ejemplo, el de pasar de turno o lanzar los dados como cubos 3D, que al tocarlos realizan dicha acción.

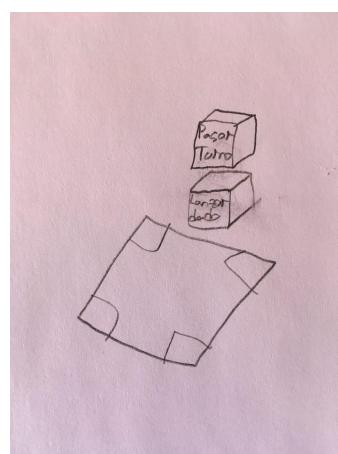


Figura 3.4: Imagen que muestra un boceto con cubos como botones sobre el tablero.

- Realizar las acusaciones con elementos físicos, es decir, que utilizando cartas reales de personajes/armas/habitaciones se pueda realizar una acusación, de forma que escaneando las 3 a la vez en la escena se realiza la acusación, permitiendo así un mejor balance entre la parte virtual del juego y la parte real.

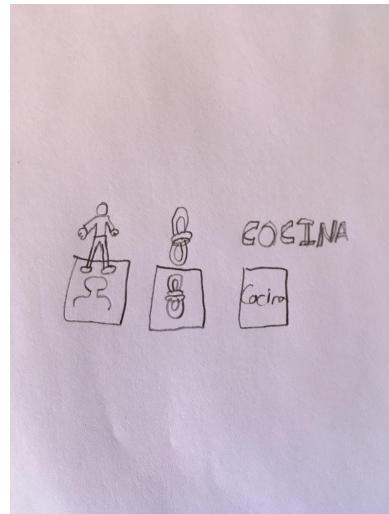


Figura 3.5: Imagen que muestra un boceto modelos 3D sobre las cartas al escanear una acusación.

Capítulo 4

Metodologías a usar en el proyecto

En este capítulo se explicaran las diferentes metodologías que serán utilizadas para desarrollar el proyecto, estas incluyen metodologías de desarrollo ágil, diseño centrado en el usuario y el proceso de desarrollo de videojuegos.

4.1. Metodologías de desarrollo ágil

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo utilizando metodologías de desarrollo ágil, estas surgen a partir del Manifiesto Ágil [31]. Más concretamente se utilizarán elementos de Scrum, que se basa en un desarrollo iterativo, en el que el producto se irá construyendo por etapas, y será testeado en cada una de dichas etapas, permitiendo así una temprana solución de errores, y añadiendo también un valor extra al producto al haber sido testeado varias veces durante el desarrollo por usuarios reales. El desarrollo ágil también permitirá una mas sencilla organización del proyecto, en la que a partir de un plan de entregas inicial se organizan iteraciones para ir cumpliendo los objetivos de estas entregas.

En la Figura 4.1 se puede observar un esquema del desarrollo por iteraciones:



Figura 4.1: Imagen que muestra un proceso de desarrollo iterativo.¹

El primer elemento relevante que se utilizará en el desarrollo son las historias de usuario, que nos permitirán establecer unos requisitos iniciales para la aplicación de una forma sencilla y completa. A estas historias de usuario se les asignará una entrega para la que la historia deberá estar completa y una iteración en la que se lleva a cabo, de forma que se obtiene de una forma organizada cuales son las partes del producto que tienen que estar listas para cada entrega.

Dentro de cada entrega puede existir una o varias iteraciones, estas se planificarán al inicio cuando se define dicha iteración, y contendrá las tareas a realizar en cada iteración, que suelen ser historias de usuario, pero que también pueden incluir otras tareas de documentación o tareas necesarias para el desarrollo, que no necesariamente son una historia de usuario, como por ejemplo, obtener los modelos 3D que serán necesarios para el juego.

Por otro lado se realizarán entregas, que quedan detalladas en el plan de entregas creado al inicio del proyecto. Al final de cada entrega se obtendrá un producto, que será testeado tanto por el desarrollador como por los

¹Yuukiter, *Desarrollo de Software Iterativo*, RUP, Recuperado de <https://rupnoobs.wordpress.com/2016/03/10/desarrollo-de-software-iterativo/>, (11 de marzo de 2016).

usuarios.

4.1.1. Diseño centrado en el usuario

Uno de los principios del desarrollo ágil es la satisfacción del usuario, por tanto, el desarrollo de este proyecto también está enfocado en el diseño centrado en el usuario [32], de forma que, gracias a una organización por iteraciones y con entregas, se obtenga una retroalimentación por parte del usuario en cada entrega.

El proceso por iteraciones del diseño centrado en el usuario que se puede observar en la Figura 4.2, se integra con las entregas iniciales que es cuando se está llevando a cabo el diseño, y por tanto, donde quedará definido este, las etapas de una iteración para el diseño centrado en el usuario son diferentes a las de una iteración del desarrollo, ya que estas específicamente se centran en el diseño.

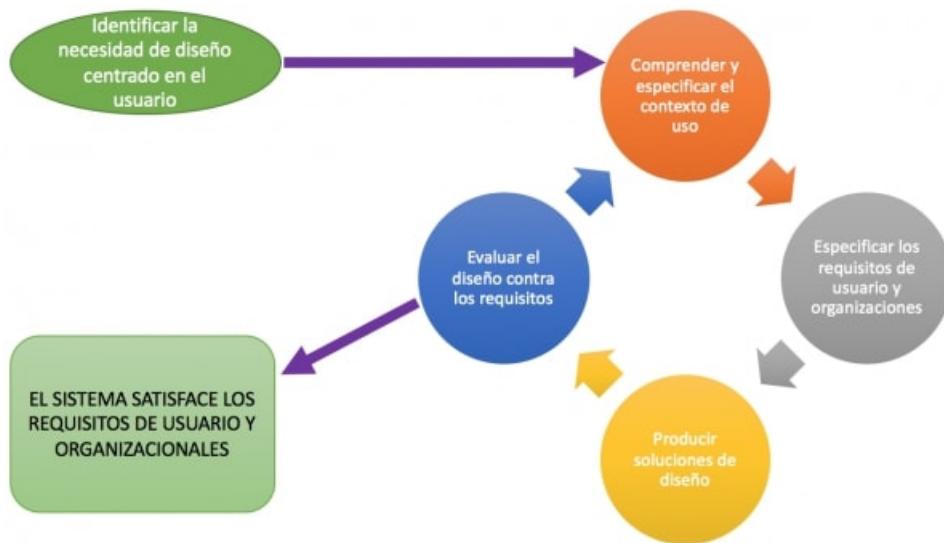


Figura 4.2: Imagen que muestra un proceso de desarrollo iterativo centrado en el usuario.³

³Alfredo, ¡Diseña centrándote en el usuario!, Time of Software, Recuperado de <http://timeofsoftware.com/disena-centrandote-en-el-usuario/>, (16 de enero de 2017).

Estas etapas son:

- Se especifica el contexto de uso para entender la situación del usuario.
- Basado en dicho contexto se establecen los requisitos.
- Una vez obtenidos los requisitos se hacen las soluciones de diseño.
- Finalmente se evalúa el producto probándolo con el usuario.

Las evaluaciones del diseño al final de cada iteración coinciden con las entregas iniciales, que suponen una fecha en la que se presenta un producto al usuario, y se realizan pruebas sobre dicho producto, de forma que el usuario está utilizando el producto, lo que permite una realimentación por parte del usuario de forma periódica, para detectar fallos o posibles mejoras sobre el diseño a tiempo, y solventarlos, de manera que el producto final, sea lo más sencillo de utilizar por el usuario, este proceso a su vez, esta incrementando el valor del producto, preparándolo para que en el momento que se lance al mercado, los fallos sean mínimos y la experiencia del usuario final sea excelente.

Por tanto, este proceso es beneficioso para el usuario, ya que todo el desarrollo está centrado en que el producto le ofrezca una buena experiencia, ya que al fin y al cabo, es el usuario el que está en contacto con el producto a diario. Y todo esto es posible ya que todo el proceso de desarrollo está orientado al usuario y su experiencia utilizando el producto.

4.2. Desarrollo de videojuegos

Un modelo bastante utilizado en el desarrollo de videojuegos lo podemos encontrar en [33], este divide dicho desarrollo en tres etapas, como se puede ver en la Figura 4.3, las etapas son:

- **Pre-producción:** En esta etapa se realiza una definición del juego, con sus características más importantes, y como resultado se obtiene una versión inicial el GDD, que es el documento que contiene el diseño del videojuego.
- **Producción:** En esta etapa se realizan varias tareas distintas:
 - **Diseño artístico:** En esta etapa se desarrollan los conceptos más relacionados con la apariencia del juego, como pueden ser la historia, sonidos, interfaz y gráficos.

- **Diseño mecánico:** En esta etapa se crea la mecánica del juego, es decir, como va a ser la interacción del jugador con el juego y como va a funcionar la inteligencia artificial del juego.
 - **Diseño técnico:** En esta etapa se desarrolla la dinámica interna del juego, que incluye diagramas de clase, diagramas de secuencia, los estados en los que se encontrará el juego en diferentes puntos a nivel de software, etc.
 - **Implementación:** En esta etapa todas las partes que se han ido desarrollando por separado se unen, de forma que encajen perfectamente como una en el juego.
 - **Pruebas alpha:** En esta etapa se hacen pruebas sobre un producto ya terminado, para verificar que el proyecto ya está convertido en producto y se puede poner dicho producto en el mercado.
 - **Pruebas beta:** En esta etapa se hacen pruebas para intentar quitar todos los defectos posibles que el juego pueda tener, y que cuando el producto salga al mercado esté en perfecto estado. También se comprueban aspectos legales para asegurar que no habrá problemas con las normativas de los distintos países en los que se publicará.
 - **Gold master:** Es la copia del juego definitiva una vez finalizado el proyecto.
- **Post-producción:** Esta etapa ocurre una vez el juego ya está en el mercado, aquí se hace un seguimiento de como esta funcionando el producto, si hay que cambiar de estrategia o buscar formas de explotarlo más.

⁵Pereira, A. M. M., *El proceso productivo del videojuego: fases de producción/The production process of the game: production phases*. Historia y Comunicación Social, 19, 791-805. (2014).

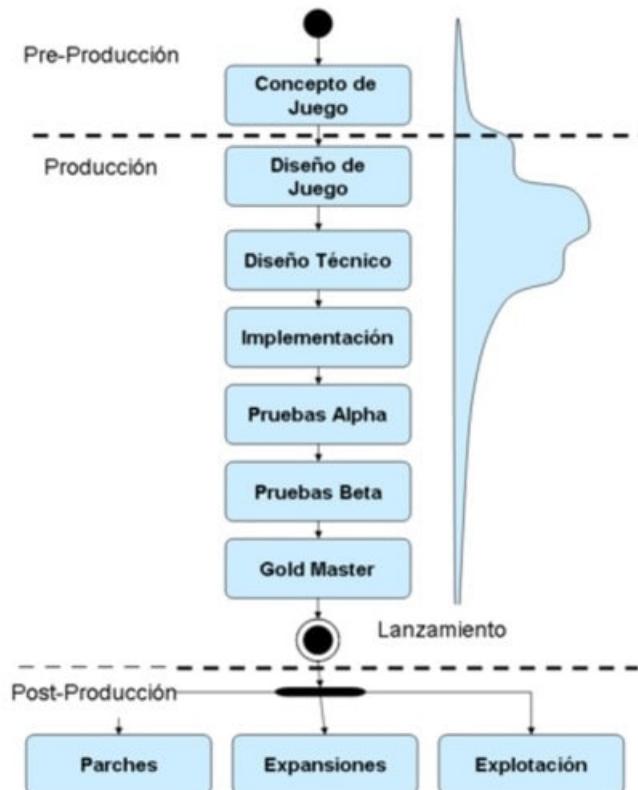


Figura 4.3: Imagen que muestra el proceso de desarrollo de un videojuego separado en las etapas de pre-producción, producción y post-producción.⁵

Como se puede ver en este método de desarrollo de videojuegos, el documento de diseño de videojuegos es un elemento central.

El GDD es la base del desarrollo del videojuego, ya que este contiene toda la información acerca de como tiene que ser cada aspecto de este, generalmente contiene los siguientes elementos entre otros:

- Género
- Jugadores
- Historia
- Interfaz de usuario
- Objetivos
- Reglas

- Etc

Como se puede comprobar por los elementos que se encuentran en el GDD, este documento contiene toda la información sobre el juego que es relevante para la implementación, por lo que es fundamental en el desarrollo, para una vez estemos implementando adherirnos a lo descrito en el GDD y consultar cualquier duda en él.

4.3. Conclusiones

Todas estas metodologías se utilizarán en conjunto en este proyecto, y serán aplicadas de la siguiente forma:

- Primero de todo se realizarán las historias de usuario, de esta manera obtendremos los requisitos del juego.
- Se realizará el plan de entregas, de forma que cada una de dichas entregas tiene un objetivo a cumplir, este objetivo es un prototipo con ciertas características completadas.
- Se realizarán las iteraciones que forman cada entrega dentro del plan de entregas, estas tendrán una duración de una semana, y tendrán unas tareas asignadas, dichas tareas pueden ser historias de usuario y tienen que ser completadas en el objetivo de tiempo para así llegar a tiempo a la entrega programada. Las iteraciones sirven para dividir las tareas en periodos mas cortos de tiempo, y además para añadir tareas que no forman parte de la entrega pero que son necesarias para el desarrollo.
- Se realizarán pruebas heurísticas y de usabilidad en cada entrega, de forma que se obtenga información por parte de los usuarios del estado del producto, de los errores que tiene y los aspectos a mejorar.
- Se comenzará a desarrollar el documento de diseño de videojuegos en las primeras iteraciones, para establecer los conceptos iniciales del juego, y se modificará durante todo el proceso de desarrollo, ya que el GDD es un documento vivo que va modificándose en función de como avanza el desarrollo y las pruebas con usuarios.

Capítulo 5

Plan de entregas

En este capítulo se exponen el plan de entregas, que será el elemento central de la planificación del proyecto, cada una de estas entregas contendrá los resultados a entregar e iteraciones, estas iteraciones a su vez, se componen por tareas que servirán para obtener esos resultados para la fecha de entrega. También se encuentran en este capítulo las historias de usuario, que mediante situaciones en las que se puede encontrar el usuario en el juego, servirán para establecer los requisitos este.

5.1. Plan de entregas

Este plan está formado por entregas, y a su vez cada entrega se compone de iteraciones. Las entregas tendrán una descripción, que consiste en las tareas que formarán parte de dicha entrega, y por tanto deberán estar completados para la fecha de entrega. Cada iteración tiene a su vez tareas que hay que llevar a cabo dentro de un plazo.

Entrega 0: Esta entrega consistirá en una evaluación de la viabilidad del proyecto en la que se desarrollará una aplicación que sea capaz de utilizando ARCore mostrar diferentes objetos 3D asociados a diferentes imágenes, cuando las escanea.

- Fecha de entrega: 26/6/2018

Este entrega se compone de las siguientes iteraciones:

- **Primera Iteración:** En esta iteración se trabajará la realización de una aplicación con ARCore que utilice dicha tecnología para mostrar elementos 3D asociados a diferentes imágenes al mismo tiempo, que servirá como prueba de viabilidad del proyecto, se ha construido la

versión inicial del GDD, se han creado las historias de usuario y, por último, se ha llevado a cabo la búsqueda y obtención de los diferentes modelos 3D que se van a utilizar en la aplicación.

- Fecha de comienzo: 15/6/2018
- Fecha de finalización: 26/6/2018

Entrega 1: Esta entrega consistirá en un diagrama de clases de el juego, bocetos a papel del juego, abarcando toda la funcionalidad de éste, y un informe que contendrá la información acerca de pruebas con diferentes usuarios sobre la usabilidad de la aplicación.

- Fecha de entrega: 2/7/2018

Este entrega se compone de las siguientes iteraciones:

- **Segunda Iteración:** En esta iteración se trabajarán el diagrama de clases, los bocetos en papel del juego y las pruebas con diferentes usuarios sobre la usabilidad de la aplicación.

- Fecha de comienzo: 26/6/2018
- Fecha de finalización: 2/7/2018

Entrega 2: Esta entrega consistirá la aplicación que tendrá desarrollada la pantalla inicial de la aplicación, la pantalla de instrucciones y la pantalla de juego, en la que a partir del tablero se mostrarán los elementos (con realidad aumentada) necesarios para el juego.

- Fecha de entrega: 16/7/2018

Este entrega se compone de las siguientes iteraciones:

- **Tercera Iteración:** En esta iteración se trabajará en la pantalla inicial de la aplicación y la pantalla de instrucciones.

- Fecha de comienzo: 2/7/2018
- Fecha de finalización: 9/7/2018

- **Cuarta Iteración:** En esta iteración se trabajará en la pantalla de juego, en la que a partir del tablero se mostrarán los elementos (con realidad aumentada) necesarios para el juego.

- Fecha de comienzo: 9/7/2018
- Fecha de finalización: 16/7/2018

Entrega 3: Esta entrega consistirá en la aplicación a la que se habrá añadido la funcionalidad de tirar los dados, y por tanto mover al personaje a la habitación deseada, la funcionalidad de realizar una anotación, y la funcionalidad de hacer una acusación.

- Fecha de entrega: 6/8/2018

Este entrega se compone de las siguientes iteraciones:

- **Quinta Iteración:** En esta iteración se trabajará en la funcionalidad de tirar los dados, y por tanto, mover a un personaje a la habitación deseada.
 - Fecha de comienzo: 16/7/2018
 - Fecha de finalización: 23/7/2018
- **Sexta Iteración:** En esta iteración se trabajará en la funcionalidad de realizar una anotación.
 - Fecha de comienzo: 23/7/2018
 - Fecha de finalización: 30/7/2018
- **Séptima Iteración:** En esta iteración se trabajará en la funcionalidad de realizar una acusación y por tanto en la pantalla de ganar el juego.
 - Fecha de comienzo: 30/7/2018
 - Fecha de finalización: 6/8/2018

Entrega 4: Esta entrega consistirá en la aplicación a la que se habrá añadido la funcionalidad de pasar de turno al del siguiente jugador, y por tanto mostrar la información correspondiente al otro jugador, por otro lado también se llevará a cabo el sistema de pistas para el jugador.

- Fecha de entrega: 27/8/2018

Este entrega se compone de las siguientes iteraciones:

- **Octava Iteración:** En esta iteración se trabajará en la funcionalidad de que el jugador pueda pasar de turno, y por tanto, en el turno del otro jugador se muestre información diferente, también se realizará el sistema de pistas.

- Fecha de comienzo: 6/8/2018
- Fecha de finalización: 27/8/2018

5.2. Historias de usuario

Se han llevado a cabo historias de usuario, para poniéndonos en lugar del usuario, crear diferentes situaciones con las que el usuario se encontrará mientras utilice el juego, y de esta forma, saber cuales son los requisitos que nuestro software tiene que cumplir.

A partir de esta tabla de historias de usuario, se ha creado el Product Backlog que se puede encontrar en el Apéndice 8.3, en este se indican las iteraciones y entregas en las que se sitúa cada historia de usuario.

También se ha realizado de forma informal un Sprint Backlog para cada iteración con las historias de usuario a completar en dicha iteración, no obstante estos no se han incluido en este documento, ya que al ser un equipo de desarrollo de una persona no son relevantes.

En la Tabla 5.1 podemos encontrar todas las historias de usuario.

ID	Título	Estimación	Prioridad
HU1	Seleccionar personajes	2	1
HU2	Comenzar juego	3	1
HU3	Salir de la pantalla de instrucciones	4	1
HU4	Escanear tablero	5	1
HU5	Tirar los dados	8	1
HU6	Seleccionar habitación a la que desplazarse	2	1
HU7	Marcar carta con una X	2	1
HU8	Desmarcar una carta	2	1
HU9	Escanear una acusación	8	1
HU10	Terminar partida	2	1
HU11	Cambiar de turno	1	1

Tabla 5.1: Listado de historias de usuario.

Las historias de usuario se componen de un identificador y título, de una descripción que contiene la acción que el usuario quiere realizar, la estimación de tiempo que llevará realizarla, en que entrega hay que realizarla y que pruebas de aceptación hay que pasarle para comprobar su correcto funcionamiento. La siguiente tabla se corresponde con la primera historia de usuario desarrollada para el juego:

Identificador: HU.1	Seleccionar personajes	
Descripción: Como usuario jugador, quiero poder seleccionar un personaje de los disponibles en el juego.		
Estimación: 2	Prioridad: 1	Entrega: 2
Pruebas de aceptación:		
<ul style="list-style-type: none">■ Comprobar que los personajes elegidos se almacena correctamente.		

Tabla 5.2: Tabla de la historia de usuario número 1.

En el Apéndice 8.4 podemos encontrar las historias de usuario con detalle, desde la Tabla 8.2 hasta la Tabla 8.12.

Capítulo 6

Desarrollo. Entregas e iteraciones

Este capítulo recoge el proceso de desarrollo del juego, en el que se detallan las diferentes entregas e iteraciones, así como los resultados de estas.

6.1. Entrega 0

En esta entrega se ha llevado a cabo una prueba de viabilidad del proyecto, en la que se ha comprobado como funciona el SDK ARCore, y que posibilidades ofrece. La prueba que se llevó a cabo consistía en asociar diferentes elementos 3D a diferentes imágenes.

En la Figura 6.1 se puede observar la demo en funcionamiento, en ella la aplicación reconoce la imagen del tablero de juego y le asocia un cubo 3D que se muestra en el centro del tablero.

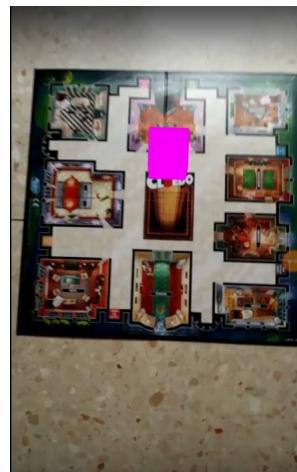


Figura 6.1: Imagen que muestra la demo en la que hay un objeto 3D asociado al tablero de juego.

En la Figura 6.2 se puede observar la demo en funcionamiento, en ella la aplicación reconoce la imagen del tablero y las de diferentes habitaciones y asocia diferentes elementos 2D a cada una de las imágenes.

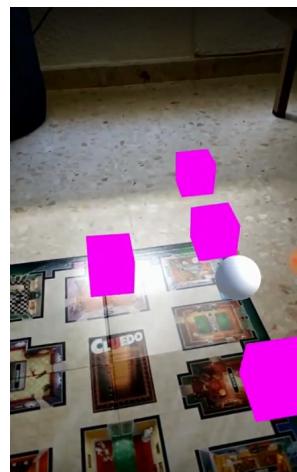


Figura 6.2: Imagen que muestra la demo en la que hay objetos 3D asociados al tablero y diferentes habitaciones.

A continuación se muestra en la Figura 6.3 un extracto de código de ARCore.

```
// Get updated augmented images for this frame.  
Session.GetTrackables<AugmentedImage>(m_TempAugmentedImages, TrackableQueryFilter.Updated);  
  
// Create visualizers and anchors for updated augmented images that are tracking and do not previously  
// have a visualizer. Remove visualizers for stopped images.  
foreach (AugmentedImage image in m_TempAugmentedImages)  
{  
    AugmentedImageVisualizer visualizer = null;  
    m_Visualizers.TryGetValue(image.DatabaseIndex, out visualizer);  
    if (image.TrackingState == TrackingState.Tracking && visualizer == null)  
    {  
        // Create an anchor to ensure that ARCore keeps tracking this augmented image.  
        Anchor anchor = image.CreateAnchor(image.CenterPose);  
        if(image.Name=="biblioteca")  
        {  
            visualizer = (LibraryVisualizer)Instantiate(AugmentedLibraryVisualizerPrefab, anchor.transform);  
        }  
        else{  
            visualizer = (AugmentedImageVisualizer)Instantiate(AugmentedImageVisualizerPrefab, anchor.transform);  
        }  
        visualizer.Image = image;  
        m_Visualizers.Add(image.DatabaseIndex, visualizer);  
    }  
    else if (image.TrackingState == TrackingState.Stopped && visualizer != null)  
    {  
        m_Visualizers.Remove(image.DatabaseIndex);  
        GameObject.Destroy(visualizer.gameObject);  
    }  
}
```

Figura 6.3: Imagen que muestra código de ARCore.

En este encontramos diferentes elementos relevantes:

- **Session.GetTrackables<AugmentedImage>(mTempAugmentedImages, TrackableQueryFilter.Updated):** Este código hace una llamada para obtener las imágenes aumentadas que han sido localizadas en la imagen percibida por la pantalla.
- **if (image.TrackingState == TrackingState.Tracking visualizer == null):** Este código comprueba que se conozca la posición de la imagen en el mundo físico y en caso de así ser y no haber situado un modelo 3D, se entra en el if.
- **Anchor anchor = image.CreateAnchor(image.CenterPose):** Se crea un ancla en el mundo real con la posición de la imagen, para que así la información asociada a dicha imagen se sitúe en el lugar adecuado.
- **if(image.Name=="biblioteca"):** En caso de que la imagen escaneada sea una biblioteca entra en dicho if donde asignará un objeto de diferente tipo que en el else al visualizador (visualizer). Esto se hace de esta manera ya que si la imagen es de la habitación biblioteca tendrá que colocar un objeto diferente que en el resto de habitaciones, esto se puede comprobar en la Figura 6.2.

6.1.1. Primera iteración

En esta iteración se ha realizado la demo que se ha mostrado en la **Entrega 0**.

Por otro lado, se ha llevado a cabo una versión inicial del documento de diseño de videojuegos (GDD), que se encuentra en el Apéndice 8.1, dejando definidos los conceptos iniciales.

También se han llevado a cabo las historias de usuario que definen las situaciones en las que un usuario se encontrará cuando quiera llevar a cabo una acción en el juego, estas historias se pueden encontrar en el Apéndice 8.4, y la lista con las historias de usuario se puede encontrar en el Capítulo 5, en la sección "Historias de usuario".

Por último en esta iteración se llevó la recopilación de elementos 3D que se utilizarían en el juego.

6.1.2. Conclusiones

Al realizarse la prueba de viabilidad asociando figuras 3D con realidad aumentada a imágenes escaneadas, se pudo comprobar que la realidad aumentada es muy interesante para aplicar en juegos de mesa por las posibilidades que ofrece, permitiendo un realismo que solo un juego de mesa real físico puede alcanzar. Por otro lado se vio que era posible utilizar ARCore para desarrollar un juego junto con el motor Unity, y obtener un resultado satisfactorio.

Por otro lado se comprobó que ARCore aun no permite el seguimiento de imágenes en movimiento, por lo que si se mueve el tablero hasta que no lo vuelva a detectar parado no cambia los modelos 3D a esa nueva posición, pero esta característica no era necesaria para nuestro proyecto, ya que al ser un juego de mesa no habrá mucho movimiento.

6.2. Entrega 1

En esta entrega se han llevado a cabo el diagrama de clases del juego que se encuentra en el Apéndice 8.2, los bocetos del juego, y pruebas heurísticas y de usuario sobre estos.

6.2.1. Bocetos

Se han creado bocetos que representan la idea inicial del juego y cómo serán sus diferentes pantallas e interfaces, de forma que se puedan utilizar para llevar a cabo pruebas sobre ellos, dichas pruebas incluyen pruebas heurísticas realizadas por el desarrollador y pruebas de usabilidad con usuarios reales, para así saber que está bien y qué no en los bocetos y mejorar el diseño del juego.

En la Figura 6.4 se puede ver el boceto creado para la pantalla inicial en la que se seleccionarán los personajes con los que se quiere jugar:

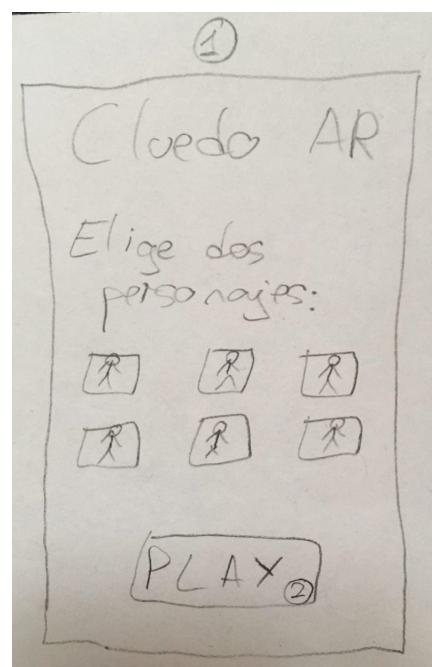


Figura 6.4: Imagen que muestra la interfaz de la pantalla inicial del juego.¹

En la Figura 6.5 se puede ver el boceto creado para la pantalla de instrucciones:

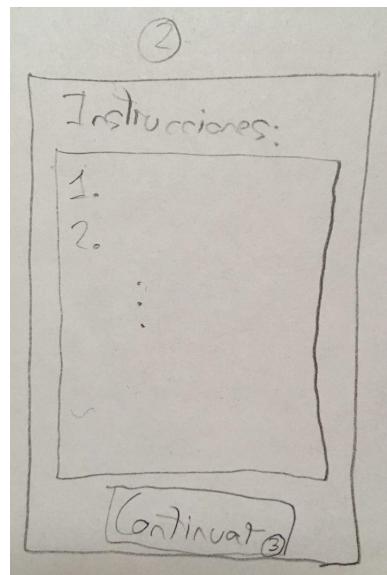


Figura 6.5: Imagen que muestra la interfaz de la pantalla de instrucciones del juego.³

El resto de los bocetos se pueden encontrar en la sección 8.5 del Anexo.

6.2.2. Pruebas heurísticas

Se han realizado pruebas heurísticas de usabilidad sobre los bocetos diseñados, estas pruebas consisten en comprobar diferentes aspectos de la usabilidad de la aplicación en función de los doce principios de Nielsen [34], dichas comprobaciones se llevarán a cabo por desarrolladores del equipo, que en este caso está formado por un solo desarrollador.

- **Principio 1: Visibilidad del estado del sistema.**

La puntuación es de 7, el usuario está bien informado de lo que ocurre actualmente en el sistema, se muestra siempre que es necesario el botón "home" o el botón "atrás", pero se puede mejorar, por ejemplo, indicando que se están escaneando imágenes mientras mueves el dispositivo sobre el tablero.

- **Principio 2: Correspondencia entre el sistema y el mundo real.**

La puntuación es de 10, las opciones en los menús están ordenadas de forma lógica y el lenguaje que el juego utiliza es un lenguaje común al usuario del juego.

■ Principio 3: Control y libertad del usuario.

La puntuación es de 7, ya que en la mayoría de pantallas el usuario es libre de ir hacia adelante o hacia atrás, pero en instrucciones el usuario puede avanzar al juego pero no volver a la pantalla de inicio. Además, como se puede ver en la pantalla 6, para hacer apuntes, el botón de retroceso está en la zona derecha de la pantalla, pudiendo confundir esto al usuario, ya que es una función de retroceso no de avance.

■ Principio 4: Consistencia y estándares.

La puntuación es de 7, ya que es bastante consistente, pero en la pantalla que indica el ganador aparece el botón "home" como en otras pantallas, pero se muestra en una posición distinta, lo que resulta confuso al usuario habría que moverlo a la posición que ocupa siempre o utilizar otro botón.

■ Principio 5: Prevención de errores.

La puntuación es de 10, el diseño es bastante cuidadoso para la prevención de errores y el correcto tratamiento de estos.

■ Principio 6: Minimizar la carga de memoria del usuario.

La puntuación es de 10, el usuario no necesita recordar nada en ningún momento, todo se muestra de forma apropiada para que no suponga ninguna memorización al usuario.

■ Principio 7: Personalización y atajos. La puntuación es de 10, la aplicación no dispone de personalización o atajos, pero no son necesarios en esta, por lo que no afecta a la experiencia de usuario.**■ Principio 8: Eficiencia de uso y rendimiento.** La puntuación es de 8, la aplicación está bien optimizada para que al usuario le resulte sencillo y rápido llevar a cabo cualquier tarea, pero si es cierto que algunos botones que se utilizan con mucha frecuencia no están en las posiciones óptimas.**■ Principio 9: Estética y diseño minimalista.** La puntuación es de 10, la información que se muestra en la aplicación es la necesaria para que el usuario pueda jugar con la mejor experiencia de usuario posible, no hay exceso o falta de información.**■ Principio 10: Ayuda al usuario a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores.** La puntuación es de 10, ya que no hay posibilidad de que ocurran errores en el juego.**■ Principio 11: Ayuda y documentación.** La puntuación es de 10, ya que antes de comenzar cada partida se muestra al usuario unas instrucciones de cómo funciona el juego.

- **Principio 12: Interacción física y ergonomía.** La puntuación es de 10, ya que los botones son fácilmente diferenciables y están en una posición cómoda para el usuario, teniendo en cuenta que al ser un juego utilizará las dos manos para usar el dispositivo móvil.

6.2.3. Pruebas de usabilidad

Se han realizado pruebas de usabilidad con usuarios sobre los bocetos diseñados, estas pruebas consisten en poner al usuario en una determinada situación y solicitarle que realice una tarea, se observará como lo hace y se anotarán dificultades y comentarios, esto ayuda a solucionar problemas y mejorar la aplicación.

Se han realizado pruebas heurísticas de usabilidad sobre los bocetos diseñados, estas pruebas consisten en comprobar diferentes aspectos de la usabilidad de la aplicación en función de los diez principios de Nielsen [34], dichas comprobaciones se llevarán a cabo por desarrolladores del equipo, que en este caso está formado por un solo desarrollador.

Las tablas que contienen la información obtenida en estas pruebas de usabilidad se encuentran en la sección 8.6 del Anexo.

- **Usuario 1**

Pre Test

1. Edad: 18
2. Dispone de un dispositivo móvil: Sí
3. Con qué frecuencia utiliza su dispositivo móvil: Varias veces al día
4. Con qué frecuencia juega a juegos de mesa: Varias veces al año
5. Con qué frecuencia juega a juegos en su móvil: Varias veces a la semana

Test: Los resultados del test de usabilidad sobre el Usuario 1 se encuentran en la Tabla 8.13

- **Usuario 2**

Pre Test

1. Edad: 57
2. Dispone de un dispositivo móvil: Sí
3. Con qué frecuencia utiliza su dispositivo móvil: Varias veces al día

4. Con qué frecuencia juega a juegos de mesa: Varias veces al año
5. Con qué frecuencia juega a juegos en su móvil: Varias veces al día

Test: Los resultados del test de usabilidad sobre el Usuario 2 se encuentran en la Tabla 8.14

■ **Usuario 3**

Pre Test

1. Edad: 26
2. Dispone de un dispositivo móvil: Sí
3. Con qué frecuencia utiliza su dispositivo móvil: Varias veces al día
4. Con qué frecuencia juega a juegos de mesa: Una vez al mes como máximo
5. Con qué frecuencia juega a juegos en su móvil: Casi nunca

Test: Los resultados del test de usabilidad sobre el Usuario 3 se encuentran en la Tabla 8.15

6.2.4. Segunda iteración

En esta iteración se ha creado el diagrama de clases del sistema haciendo uso del lenguaje UML, dicho diagrama de clases se puede consultar en el Apéndice 8.2.

Por otro lado, se han llevado a cabo los bocetos, que se pueden encontrar en el Apéndice 8.5, esos nos servirán para crear un primer concepto de como serán las interfaces de las diferentes pantallas del juego.

También se llevaron a cabo pruebas heurísticas con el desarrollador, para comprobar los posibles errores y mejoras de los bocetos. Los resultados de estas pruebas se pueden encontrar en la **Entrega 1**.

Por último, se realizaron pruebas con usuarios, poniéndoles en situación se les indicaba la tarea que tenían que hacer, y se fueron apuntando los problemas que estos tenían, detectando así elementos que mejorar en los bocetos. Los resultados de estas pruebas de usabilidad se encuentran en las Tablas 8.13, 8.14 y 8.15.

Con toda la información obtenida de la realización de los bocetos y pruebas de usuario se han modificado aspectos del GDD, adaptando el funcionamiento del juego a las necesidades de los jugadores, y ajustando los perfiles de forma más realista al de los posibles futuros jugadores del juego.

El documento de diseño del videojuego se puede encontrar en el Apéndice 8.1.

6.2.5. Conclusiones

Durante las pruebas de usabilidad hemos podido comprobar que la interfaz de la aplicación es amigable para los usuarios, que si bien han detectado algunos fallos, que serán solventados en el desarrollo del juego, por lo general han sabido realizar todas las tareas sin dificultad, desenvolviéndose con rapidez.

También se ha podido comprobar el interés de los usuarios por el funcionamiento de la realidad aumentada, resultándoles algo sorprendente y que sin duda tenían ganas de probar en las siguientes pruebas de usabilidad, lo que denota la esperada expectación de los usuarios de juegos y en general de dispositivos móviles sobre la realidad aumentada y las novedosas experiencias que esta aportará al ámbito de los dispositivos móviles.

6.3. Entrega 2

En esta entrega se ha completado la pantalla inicial que permite seleccionar los personajes de los jugadores, la pantalla de instrucciones que explica el funcionamiento del juego y la pantalla de juego en la que se podrá escanear el tablero y se mostrarán los modelos 3D que se utilizarán en el juego sobre dicho tablero.

En la Figura 6.6 se puede observar la pantalla de inicio sin personajes seleccionados.



Figura 6.6: Imagen que muestra la pantalla inicial sin personajes seleccionados.

Mientras que en la Figura 6.7 se puede observar la pantalla de inicio con personajes seleccionados y por tanto el botón de jugar activo.



Figura 6.7: Imagen que muestra la pantalla inicial con personajes seleccionados.

La forma de funcionamiento de la selección de los personajes se muestra en el código de la Figura 6.8.

```
if(Character1==null)
{
    Character1=change.name;
}
else
{
    Character2=change.name;
}

num_select++;

if(num_select==2)
{
    if(!Toggle1.name.Equals(Character1) && !Toggle1.name.Equals(Character2))
    {
        Toggle1.enabled=false;
    }

    if(!Toggle2.name.Equals(Character1) && !Toggle2.name.Equals(Character2))
    {
        Toggle2.enabled=false;
    }
}
```

Figura 6.8: Imagen que muestra el código para la selección de personajes.

En el código de la Figura 6.8 se puede observar como en la variable "Character1", o "Character2" se introduce el nombre del jugador seleccionado. Y

en caso de que ambos personajes ya estén seleccionados, se desactivan el resto de botones para que no se pueda elegir otro personaje hasta que se desmarque uno ya seleccionado. Además para introducir el nombre en las variables "Character", comprueba si la otra está rellena ya para así no sobrescribir siempre el mismo jugador. Dichas variables se consultan para mostrar los personajes que han sido seleccionados sobre el tablero.

En la Figura 6.9 se puede ver la pantalla de instrucciones.

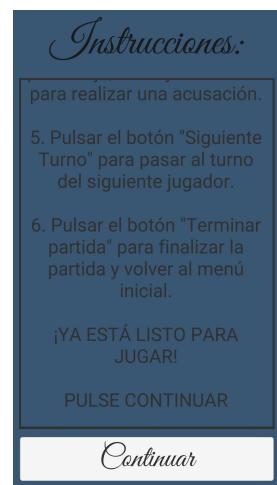


Figura 6.9: Imagen que muestra la pantalla de instrucciones.

En la Figura 6.10 se puede observar la pantalla de juego en con el tablero escaneado, mientras que en la Figura 6.11 se puede observar mas de cerca como se sitúan los elementos sobre el tablero, y sobre cada habitación.



Figura 6.10: Imagen que muestra la pantalla de juego con el tablero.



Figura 6.11: Imagen que muestra la pantalla de juego mas de cerca mostrando mas detalles.

6.3.1. Tercera iteración

En esta iteración se han llevado a cabo las historias de usuario 8.2, 8.3 y 8.4.

En rasgos mas generales, en esta iteración se ha llevado a cabo la pantalla inicial del juego y la pantalla de instrucciones, cuyo resultado se muestra en la **Entrega 2**.

6.3.2. Cuarta iteración

En esta iteración se ha llevado a cabo la historia de usuario 8.5.

En rasgos mas generales, en esta iteración se ha llevado a cabo la pantalla de juego que es la pantalla central sobre la que se desarrollará el juego, ya que es la que puede escanear el mundo real, el resultado se muestra en la **Entrega 2**.

Por último, se realizaron pruebas con usuarios, poniéndoles en situación se les indicaba la tarea que tenían que hacer, y se fueron apuntando los problemas que estos tenían, detectando así elementos que mejorar en las pantallas de la aplicación realizadas en esta entrega. Los resultados de estas pruebas de usabilidad se encuentran en las Tablas 8.16, 8.17 y 8.18.

6.3.3. Conclusiones

Tras la realización de esta entrega se concluye que el proyecto avanza de forma favorable, todas las tareas se han llevado a cabo dentro de plazo y no han surgido grandes problemas.

Por otro lado, en las pruebas de usabilidad se comprueba que una vez los usuarios realizan las tareas en el dispositivo móvil en lugar de en los bocetos lo hacen con mas facilidad, ninguno de ellos muestra grandes dificultades a la hora de realizar las tareas solicitadas, por lo que se concluye que el diseño de las pantallas llevadas a cabo en esta entrega se ha realizado de forma exitosa.

6.4. Entrega 3

En esta entrega se ha completado la funcionalidad de lanzar los dados, y por tanto que se pueda mover al personaje a otra habitación, la funcionalidad de realizar una anotación y la funcionalidad de realizar una acusación. También se ha creado la pantalla de terminar partida, para complementar el funcionamiento de la acusación, de forma que si esta es correcta se finalice el juego y se indique el ganador.

En la Figura 6.12 se pueden observar los elementos que se muestran tras lanzar los dados, se muestra el resultado obtenido del dado y las habitaciones a las que el usuario puede desplazarse.



Figura 6.12: Imagen que muestra el juego tras lanzar los dados.

En la Figura 6.13 se pueden observar los elementos que se muestran tras pulsar el botón de "Notas", se mostrarán las cartas diferenciadas por personajes, armas y habitaciones.

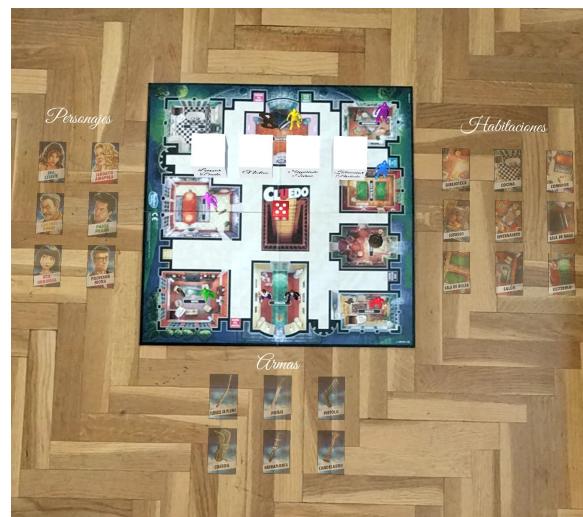


Figura 6.13: Imagen que muestra las cartas una vez pulsado el botón de notas.

En la Figura 6.14 se pueden observar las cartas de armas en las que algunas están tachadas y otras no, lo que se consigue pulsando en ellas.



Figura 6.14: Imagen que muestra las cartas de armas tachadas y sin tachar.

En la figura 6.15 se pueden observar los elementos que se muestran sobre las cartas escaneadas para una acusación.



Figura 6.15: Imagen que muestra los elementos 3D posicionados sobre las cartas físicas.

En la figura 6.16 se puede observar la pantalla de finalización de partida a la que se llega una vez se realiza una acusación correcta.



Figura 6.16: Imagen que muestra la pantalla de finalización de partida.

El funcionamiento del escaneo de cartas se muestra en la Figura 6.17, en esta imagen se puede ver como en función del nombre de la imagen escaneada, se coloca un modelo 3D. Además se establece una variable de la lógica del juego al elemento escaneado, formando parte de la acusación realizada. Una vez se tenga un elemento de cada tipo escaneado la acusación cuenta como válida y se comprueba si es correcta o incorrecta.

```
switch(Image.Name)
{
    case "amarillo":
        CharacterYellow.transform.localPosition = (height * Vector3.up);
        CharacterYellow.SetActive(true);
        GameLogic.sol.SetCharacter(GameLogic.Car.Yel);
        break;
    case "azul":
        CharacterBlue.transform.localPosition = (height * Vector3.up);
        CharacterBlue.SetActive(true);
        GameLogic.sol.SetCharacter(GameLogic.Car.Blu);
        break;
    case "rojo":
        CharacterRed.transform.localPosition = (height * Vector3.up);
        CharacterRed.SetActive(true);
        GameLogic.sol.SetCharacter(GameLogic.Car.Red);
        break;
}
```

Figura 6.17: Imagen que muestra el código de escaneo de cartas.

6.4.1. Quinta iteración

En esta iteración se han llevado a cabo las historias de usuario 8.6 y 8.7.

Se ha desarrollado la funcionalidad de tirar los dados, de manera que al pulsar el botón "Lanzar dado", este se lanza, y una vez el dado para se muestran el resultado de lanzar el dado y las habitaciones disponibles para desplazarse en función de dicho resultado, el usuario tendrá que pulsar una de estas habitaciones para que el personaje se desplace a la habitación deseada, el resultado se muestre en la **Entrega 3**.

6.4.2. Sexta iteración

En esta iteración se han llevado a cabo las historias de usuario 8.8 y 8.9.

Se ha desarrollado la funcionalidad de realizar una anotación, de manera que al pulsar el botón "Notas", se muestran las cartas de personajes, armas y habitaciones, y dichas cartas pueden ser pulsadas de forma que al pulsar se tacha dicha imagen para indicar que sabemos que ese no es el posible asesino, por ejemplo, y si se vuelve a pulsar una carta tachada, esta

se desmarca, el resultado se muestre en la **Entrega 3**.

6.4.3. Séptima iteración

En esta iteración se han llevado a cabo las historias de usuario 8.10 y 8.11.

Se ha desarrollado la funcionalidad de realizar una acusación, de manera que al escanear una carta mostrará un modelo 3D asociado a dicha carta, y al escanear tres cartas, un personaje, un arma y una habitación, se realizará la acusación comprobando si la combinación realizada es la correcta, el resultado se muestre en la **Entrega 3**.

También se ha desarrollado la pantalla de finalización de partida, de forma que si uno de los jugadores escanea la acusación correcta, se dirigirá a esta pantalla donde se indica el ganador y la finalización de partida, el resultado se muestra en la **Entrega 3**.

Por último, se realizaron pruebas con usuarios, poniéndoles en situación se les indicaba la tarea que tenían que hacer, y se fueron apuntando los problemas que estos tenían, detectando así elementos que mejorar en las funcionalidades realizadas en esta entrega. Los resultados de estas pruebas de usabilidad se encuentran en las Tablas 8.19, 8.20 y 8.21.

6.4.4. Conclusiones

Tras la realización de esta entrega se concluye que el proyecto avanza de forma favorable, todas las tareas se han llevado a cabo dentro de plazo y no han surgido grandes problemas.

Por otro lado, en las pruebas de usabilidad se comprueba que a pesar de desenvolverse de forma favorable en el juego, encuentran algunas dificultades. Estas dificultades son menores, pero pueden suponer una mejora considerable en cuanto a la usabilidad por parte de los usuarios, por tanto, se toman en cuenta y se realizan los cambios correspondientes en el juego para solucionar dichas dificultades. Dichas dificultades se pueden encontrar en las tablas indicadas en la **Séptima iteración**.

6.5. Entrega 4

En esta entrega se ha completado la funcionalidad de pasar de turno, de forma que no solo se permitirá cambiar el turno pulsando un botón, si no que se ha creado toda la estructura necesaria para soportar dos jugadores en el juego con información diferente para cada uno de estos. Por otro lado también se ha desarrollado el sistema de pistas, que en función de la habitación en la que se encuentre el jugador actual se le darán pistas diferentes.

En la Figura 6.18 se pueden observar los elementos que se muestran tras pulsar el botón de cambiar de turno, de forma que todos los elementos del tablero desaparecen y solo se muestra la interfaz de cambio de turno.



Figura 6.18: Imagen que muestra la interfaz de cambio de turno.

En la Figura 6.19 se puede observar la interfaz de la pista recibida, con la pista y un botón para salir de dicha interfaz.



Figura 6.19: Imagen que muestra la carta de la pista y el botón para salir de dicha interfaz.

6.5.1. Octava iteración

En esta iteración se ha llevado a cabo la historia de usuario 8.12.

En rasgos mas generales, en esta iteración se ha llevado a cabo el sistema de cambio de turno, que no solo implica la interfaz, si no también la modificación de la lógica del juego para que sea capaz de soportar mas de un usuario. Este cambio de turno implica información como las notas que es privada para cada usuario, por lo que se ha incluido una interfaz de cambio de turno en la que todos los elementos desaparecen para que una vez el usuario pasa de turno el siguiente pueda entrar en la pantalla de juego sin que se haya visto su información.

Como se puede observar en la Figura 6.20, para gestionar, por ejemplo, las notas de cada jugador se comprueba la variable turno, y en función del turno actual se comprueba las variables del jugador, por ejemplo, si tiene las notas activas pues se activaran dichos elementos 3D, si no las tienen activas pues no.

Posteriormente se recorre un vector contenido en por un objeto "Player" que se corresponde al jugador actual en función del turno, este indica que cartas el jugador ha marcado o desmarcado y cuales ha recibido como pista, y cada una de estas se muestra de una forma distinta, por ejemplo, si se ha recibido como una pista se muestra a pleno color y tachada.

De esta forma a través de los mismos modelos 3D y en función de la información que se almacena en cada objeto "Player", y en la variable turno entre otras, se puede establecer como se deben mostrar dichos elementos 3D en función del jugador que esta jugando en cada momento, permitiendo así un sistema multijugador sencillo de escalar.

```
if(GameLogic.turn%2!=0)
{
    if(GameLogic.Player1.Notes && !GameLogic.turnFinished)
    {
        for(int i=0;i<21;i++)
        {
            cardsNotes[i].SetActive(true);

        for(int i=0;i<21;i++)
        {
            if(GameLogic.Player1.Cards[i]==0)
            {
                tmp=cardsNotes[i].GetComponent<SpriteRenderer>().color;
                tmp.a=0.45f;
                cardsNotes[i].GetComponent<SpriteRenderer>().color=tmp;
                cardsNotes[i].GetComponent<SpriteRenderer>().sprite=cardsNotesSpriteNormal[i];
                cardsNotes[i].GetComponent<Collider>().enabled=true;
            }
            else if(GameLogic.Player1.Cards[i]==1)
            {
                tmp=cardsNotes[i].GetComponent<SpriteRenderer>().color;
                tmp.a=0.45f;
                cardsNotes[i].GetComponent<SpriteRenderer>().color=tmp;
                cardsNotes[i].GetComponent<SpriteRenderer>().sprite=cardsNotesSpriteCross[i];
                cardsNotes[i].GetComponent<Collider>().enabled=true;
            }
            else
            {
                tmp=cardsNotes[i].GetComponent<SpriteRenderer>().color;
                tmp.a=1f;
                cardsNotes[i].GetComponent<SpriteRenderer>().color=tmp;
            }
        }
    }
}
```

Figura 6.20: Imagen que muestra código de la gestión multiusuario.

Por otro lado también se ha llevado a cabo el desarrollo del sistema de pistas, este se encarga de que cuando un usuario está en una habitación se le muestren pistas sobre los elementos que en esta se encuentran así

como sobre la propia habitación, además de mostrarse esa pista, en la interfaz de notas la carta quedará marcada con una tonalidad diferente para que el usuario sea capaz de diferenciar dicha información como una pista, el resultado se muestra en la **Entrega 4**.

Por último, se realizaron pruebas con usuarios, poniéndoles en situación se les indicaba la tarea que tenían que hacer, y se fueron apuntando los problemas que estos tenían, detectando así elementos que mejorar en las funcionalidades realizadas en esta entrega. Los resultados de estas pruebas de usabilidad se encuentran en las Tablas 8.22, 8.23 y 8.24.

6.5.2. Conclusiones

Tras la realización de esta entrega se concluye que el proyecto ha avanzado de forma correcta y dentro de los plazos estimados, todas las tareas se han llevado a cabo a tiempo y no han surgido grandes problemas.

Por otro lado, en las pruebas de usabilidad se comprueba que los usuarios se desenvuelven con perfecta normalidad en el juego, sin encontrar ninguna dificultad en los cambios de turnos o al recibir pistas, por lo que se concluye que se han desarrollado dichas funcionalidades de forma exitosa.

Capítulo 7

Conclusiones y Trabajos futuros

Este capítulo recoge las conclusiones con respecto al proyecto desarrollado y el proceso de desarrollo. También se evalúa el cumplimiento de los objetivos establecidos en el Capítulo 1. Y por último, se exponen diversas propuestas de mejora del proyecto.

7.1. Conclusiones

En este proyecto se ha trabajado en el desarrollo de un juego de tablero que se basa en el uso de tecnologías de realidad aumentada y para ello se ha elegido ARCore, ya que es un SDK bastante nuevo pero bastante prometedor.

Una vez concluido el proyecto, el resultado que se ha obtenido ha sido satisfactorio, al haberse desarrollado un juego de tablero completamente funcional en el tiempo deseado.

Con respecto a la aplicación de las tecnologías de realidad aumentada en juegos de tablero, se ha podido comprobar que estas pueden ofrecer un buen resultado, dejando de lado la forma tradicional de digitalizar los juegos de mesa, y generando un balance entre elementos físicos y virtuales que ofrece una experiencia realista a la vez que espectacular. Esto puede suponer un antes y un después para la digitalización de juegos de mesa, haciéndolos realmente atractivos para los amantes de estos y para las nuevas generaciones.

Con respecto a ARCore se ha podido observar que todavía tiene un largo camino por delante, si bien es bastante funcional tiene ciertos aspectos que tienen mucho que mejorar. La detección de imágenes funciona pero con problemas, necesitando imágenes muy grandes y tardando en detectarlas, si bien funciona con imágenes del tamaño de una carta, hay dificul-

tades cada vez que se intenta reconocer una de estas.

Por otro lado también se ha podido comprobar que la comunidad de ARCore aun es pequeña debido a ser un SDK tan nuevo, lo que genera dificultades a la hora de resolver errores, ya que la mayoría de desarrolladores en ARCore se están iniciando actualmente.

La experiencia de planificación y desarrollo de un proyecto utilizando metodologías ágiles y diseño centrado en el usuario ha sido sin duda enriquecedora, permitiéndome adentrarme de forma realista en el desarrollo de un proyecto, y brindándome conocimientos y aptitudes a la hora del desarrollo de estos.

Tras la realización del proyecto se concluye que los objetivos establecidos en el Capítulo 1 se han cumplido de forma exitosa. A continuación se va a evaluar el cumplimiento de los objetivos de forma mas concreta:

- La realización del proyecto me ha permitido ver qué puede aportar la realidad aumentada a los juegos de tablero en dispositivos móviles, que como ya he expuesto en las conclusiones puede ser el futuro de los juegos de mesa. El objetivo principal de este proyecto es explorar qué ventajas puede aportar la realidad aumentada, mas concretamente el SDK ARCore, a los juegos en dispositivos móviles, y mas específicamente a los juegos de mesa en dispositivos móviles. Por tanto, mediante este proyecto se adquirirá experiencia en el desarrollo con tecnologías de realidad aumentada.
- He adquirido experiencia en el desarrollo de aplicaciones móviles con realidad aumentada, más concretamente con ARCore, desenvolviéndome con soltura con la librería que este ofrece.
- Se ha investigado en una alternativa a la tradicional realización de juegos de mesa en dispositivos móviles, transformando el enfoque habitual de tenerlo todo en la pantalla que provocaba una perdida de atractivo en los juegos de mesa, a un balance entre elementos virtuales y físicos que mantiene el realismo de los juegos de mesa.
- Se han adquirido conocimientos en la planificación y desarrollo de proyectos utilizando metodologías ágiles, al haber realizado todo el proyecto con dichos métodos.
- He adquirido un alto nivel de conocimiento sobre Unity, partía de no haber utilizado Unity antes, y durante el proyecto he aprendido el funcionamiento de la herramienta, y de como esta funcionaba en conjunto con ARCore, de forma que ahora tengo los conocimientos para manejar la herramienta y desarrollar otros proyectos con facilidad.

- He adquirido los conocimientos sobre el funcionamiento de la realidad aumentada y los elementos que esta utiliza para asociar información virtual a una escena o elemento.
- He explorado las diferentes alternativas a ARCore y lo que estas ofrecen, lo que me ha permitido ver las ventajas e inconvenientes de estas, y comprender las posibilidades que existen a la hora de realizar un proyecto con realidad aumentada.
- He adquirido los conocimientos para utilizar ARCore en la herramienta Unity para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada.

7.2. Trabajo futuro

Se han evaluado diferentes opciones para el trabajo a realizar una vez finalice el proyecto, y se han concluido las siguientes opciones:

- La ampliación del número de jugadores de 2 a 6, de forma que se adapte en mayor grado a un juego de mesa tradicional que suele incluir un mayor número de jugadores, fomentando así el factor social de los juegos de mesa.
- La extensión del juego a diferentes dispositivos, de forma que se permita a cada jugador utilizar su dispositivo móvil en lugar de compartir un dispositivo. La forma de funcionamiento del juego consistiría en almacenar en un servidor la información relevante para el funcionamiento común del juego, por ejemplo, el turno actual para saber qué jugador será el que pueda interactuar. De esta manera, otros jugadores podrían unirse a la partida, por ejemplo, introduciendo un código que reciba el jugador que crea la partida, tras esto al escanear el tablero se mostraría la información sobre este, diferenciando en función de si es el turno del jugador, y mostrando diferente información a cada uno de ellos, como pueden ser las notas.
- La adición de animaciones y secuencias cinemáticas que añadan más espectacularidad visual al juego, permitiendo así una mejorada experiencia de usuario.
- La sustitución de los modelos 3D utilizados en el juego que han sido obtenidos en la Unity Assets Store de forma gratuita por modelos 3D específicamente desarrollados para el juego, que encajen mejor en el ambiente de misterio y la estética que se describe en el GDD.
- La exploración de "Cloud Anchors", una funcionalidad que ARCore ofrece para compartir las coordenadas de la información asociada al

mundo real entre dispositivos, de forma que cuando los otros usuarios analicen la misma escena verán la misma información asociada a la escena. Esto se podría utilizar para la extensión del juego a diferentes dispositivos, de forma que no necesiten ni escanear el tablero para unirse a la partida, si no que por las coordenadas compartidas por el dispositivo del jugador que inició la partida, al escanear el nuevo jugador las escena se mostraría la información relacionada al tablero de forma correcta.

Capítulo 8

Apéndices

8.1. GDD (Documento de diseño de videojuegos)

8.1.1. Información general

8.1.1.1. Resumen del juego

El juego consiste en una versión del juego Cluedo que utiliza la Realidad Aumentada para renovar la forma de jugar a este juego, y a los juegos de mesa en general. El juego consiste en un tablero físico, sobre el que se mostrarán los elementos del juego de forma virtual con Realidad Aumentada. En él habrá habitaciones entre las que los personajes se tienen que mover para hacer deducciones y acusaciones, armas y personajes que servirán para dichas deducciones y acusaciones. Dichas acusaciones y deducciones contienen un posible asesino (personaje), una arma del asesinato y un lugar del asesinato.

8.1.1.2. Objetivos a alcanzar por el juego

Generar una versión de Cluedo con Realidad Aumentada que renueve la forma en que los juegos de mesa se relacionan con la tecnología, de forma que no sea el mismo juego en una pantalla, perdiendo toda la esencia de un juego de mesa. Si no que utilizando la Realidad Aumentada y las posibilidades que esta ofrece, generar una experiencia que iguale o incluso mejore a la original de los juegos de mesa, haciendo los juegos de mesa atractivos, tanto para los niños que se han criado con tecnología, por lo que la Realidad Aumentada llamará su atención, tanto como para los adultos que son fieles a los juegos de mesa tradicionales, que se sorprenderán por la increíble experiencia que aplicar la Realidad Aumentada a estos puede ofrecer.

8.1.1.3. Justificación del juego

Este juego supone una reinvencción de los tradicionales juegos de mesa, una industria que debido a las nuevas tecnologías se queda atrás en términos de innovación. Esto puede cambiar con iniciativas como este juego que manteniendo la esencia de un juego de mesa, lo convierte en algo tecnológico e innovador, llamando así la atención de los amantes de los juegos de mesa, y a la vez de las nuevas generaciones, que no son usuarios asiduos de los juegos de mesa tradicionales.

Este juego es único gracias a su capacidad de a pesar de ser en su mayor parte virtual, al mismo tiempo mantener la sensación de ser un juego de mesa gracias al uso de la Realidad Aumentada, combina un factor tradicional con uno innovador, generando un nuevo concepto de los juegos de mesa que puede revolucionar el sector.

Por otro lado, este juego servirá para explorar las posibilidades que la realidad aumentada, y mas concretamente ARCore pueden ofrecer a los juegos de mesa tradicionales.

8.1.1.4. Core gameplay

El jugador tendrá que moverse por el tablero y intentar resolver el asesinato. Para moverse entre habitaciones tendrá que tirar el dado y en función del número podrá ir a una habitación o otra, el jugador puede hacer una acusación por turno en la que dice quien cree que cometió el asesinato y con que arma, la habitación de la deducción será en la que se encuentre el personaje actualmente. Entonces se le mostrará al jugador la interfaz para cambiar de turno en caso fallido, y la interfaz de finalización de juego en caso de acierto.

Al cambiar de habitación el jugador recibirá una pista sobre la nueva habitación, dichas pistas incluyen habitación, arma y personajes que no forman parte del asesinato, y siempre serán relacionados con esa habitación, por ejemplo, si se va a dar una pista, esta tendrá que ser sobre esa habitación o sobre las armas o personajes que estén dentro de esta.

El jugador dispone de una lista de elementos en los que puede ir marcando los que sabe que no forman parte del asesinato. Una vez el jugador crea que sabe el personaje, arma y habitación del asesinato puede hacer una acusación, si es acertada ganará.

8.1.1.5. Características del juego

8.1.1.5.1. Género

El género de este juego es Estrategia, ya que tienes que llevar a tu personaje a las habitaciones adecuadas para resolver el crimen, en función de la nueva información que se va revelando cada turno de juego unas habitaciones serán más interesantes de visitar que otras y tienes que elaborar una buena estrategia para recorrer estas. También se hacen las deducciones de forma estratégica, para obtener antes la información del crimen, si por ejemplo, ya sabes que un arma y una habitación forman parte del crimen, puedes hacer una acusación con dicha arma, habitación y un personaje que quieras averiguar si forma parte del crimen o no.

8.1.1.5.2. Número de jugadores

El juego está diseñado para ser jugado por dos jugadores, y el objetivo de ambos es descubrir el asesinato antes que el otro, o en caso de que el otro haya fallado acertar el asesinato para ser él el ganador.

8.1.1.5.3. Plataforma de destino

Este juego está destinado a móviles con sistema operativo Android que sean capaces de ejecutar ARCore.

8.1.1.5.4. Resumen de historia

En una fiesta en la mansión de un adinerado señor en los años 80 ha habido un asesinato, y dicho señor ha sido la víctima. Uno de sus invitados ha sido el asesino y todos los invitados pasan la noche en la mansión hasta descubrir quién ha sido el asesino.

8.1.1.6. Características del jugador

Perfil 1: Hombres y mujeres de entre 25-45 años que se han criado con juegos de mesa y para los que dichos juegos son una parte importante de su entretenimiento. Estos usuarios encontrarán un juego de mesa renovado que utiliza la Realidad Aumentada, de forma que les ofrece una experiencia muy similar al juego de mesa tradicional que tanto les disfrutan pero con un toque totalmente renovado gracias al uso de esta nueva tecnología.

Perfil 2: Niños y niñas de entre 7-14 años que han crecido con las nuevas tecnologías y por tanto no suelen estar en contacto frecuentemente con juegos de mesa, pero que encontrarán en este una forma de jugar a algo tradicional, de una forma nueva y vistosa, que les llamará la atención gracias a los increíbles efectos visuales que aporta la Realidad Aumentada,

introduciendo estos elementos virtuales en el mundo real.

Perfil 3: Jóvenes de entre 15-25 años, que han crecido con las nuevas tecnologías a la vez que los juegos de mesa tradicionales, por lo que están muy atados a ambos mundos y encontrarán en este juego la mezcla perfecta de ambos, utilizando el dispositivo móvil que están acostumbrados a usar a diario pero a la vez con un ambiente de juego de mesa tradicional al que tienen un apego por su infancia. Pertenecen además a una generación que ha crecido junto a los grandes avances de la tecnología en el siglo XXI, por lo que no son fáciles de convencer para decantarse por un juego determinado, pero a los que definitivamente fascinará la Realidad Aumentada y la nostalgia de un juego de mesa de su infancia.

8.1.2. Mecánicas

8.1.2.1. Elementos del juego: Categorías

Arma: Es un objeto que puede ser utilizado herir a un personaje. El objeto pertenece a la época de los años 80.

Personaje: Es un elemento que el jugador puede manejar o bien ser una parte más del juego. Hombre o mujer de entre 20-60 años perteneciente a los años 80. Ha ido a una fiesta en la mansión de un amigo, que ha sido asesinado durante dicha fiesta. Tiene la necesidad de descubrir quién ha sido el asesino. Puede ser el asesino.

Habitación: Es una estancia de una mansión. Pertenece a la época de los años 80.

Útil: Elemento del juego que ayuda al funcionamiento de éste.

8.1.2.2. Elementos del juego: Núcleo principal

Srta. Amapola: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Personaje”. Tiene la capacidad de en caso de ser el personaje que el jugador ha elegido desplazarse entre las distintas habitaciones.

Profesor Mora: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Personaje”. Tiene la capacidad de en caso de ser el personaje que el jugador ha elegido desplazarse entre las distintas habitaciones.

Sra. Celeste: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Personaje”. Tiene la capacidad de en caso de ser el personaje que el jugador ha elegido desplazarse entre las distintas habitaciones.

Coronel Rubio: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Personaje”. Tiene la capacidad de en caso de ser el personaje que el jugador ha elegido desplazarse entre las distintas habitaciones.

Dra. Orquídea: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Personaje”. Tiene la capacidad de en caso de ser el personaje que el jugador ha elegido

desplazarse entre las distintas habitaciones.

Padre Prado: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Personaje”. Tiene la capacidad de en caso de ser el personaje que el jugador ha elegido desplazarse entre las distintas habitaciones.

Cuerda: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Arma”. Estará en una habitación y cambiará a otra cuando en una deducción sea nombrada.

Puñal: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Arma”. Estará en una habitación y cambiará a otra cuando en una deducción sea nombrada.

Herramienta: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Arma”. Estará en una habitación y cambiará a otra cuando en una deducción sea nombrada.

Pistola: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Arma”. Estará en una habitación y cambiará a otra cuando en una deducción sea nombrada.

Candelabro: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Arma”. Estará en una habitación y cambiará a otra cuando en una deducción sea nombrada.

Tubería de plomo: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Arma”. Estará en una habitación y cambiará a otra cuando en una deducción sea nombrada.

Cocina: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Habitación”. Se encarga de albergar en su interior armas y personajes. Contiene un pasadizo secreto al Estudio por el que se puede desplazar un personaje sin tirar los dados.

Comedor: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Habitación”. Se encarga de albergar en su interior armas y personajes.

Salón: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Habitación”. Se encarga de albergar en su interior armas y personajes. Contiene un pasadizo secreto al Invernadero por el que se puede desplazar un personaje sin tirar los dados.

Vestíbulo: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Habitación”. Se encarga de albergar en su interior armas y personajes.

Estudio: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Habitación”. Se encarga de albergar en su interior armas y personajes. Contiene un pasadizo secreto a la Cocina por el que se puede desplazar un personaje sin tirar los dados.

Biblioteca: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Habitación”. Se encarga de albergar en su interior armas y personajes.

Sala de billar: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Habitación”. Se encarga de albergar en su interior armas y personajes.

Invernadero: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Habitación”. Se encarga de albergar en su interior armas y personajes. Contiene un pasadizo secreto al Salón por el que se puede desplazar un personaje sin tirar los dados.

Sala de baile: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Habitación”.

Se encarga de albergar en su interior armas y personajes.

Dado: Pertenece a la categoría de elemento de juego “Útil”. Se lanza al azar mostrando una de sus caras (que contiene un número de 1-6) como resultado de dicho lanzamiento.

8.1.2.3. Reglas

Si el jugador tira el dado, mostrar los posibles destinos en función de la habitación y el resultado del dado.

Si el jugador selecciona la habitación a la que desplazarse mover su personaje a dicha habitación.

Si el jugador hace acusación, comprobar que las cartas de la solución coinciden con las indicadas por el jugador, si así es, mostrar un mensaje indicando que ha ganado, en otro caso mostrar la pantalla de cambio de turno, de forma que el realizar una acusación errónea implica el fin del turno del jugador actual.

8.1.2.3.1. Reglas de interacción

La forma de interactuar es mediante botones, el jugador puede ir presionando los distintos botones que le permitirán tirar los dados, realizar acusaciones, moverse a otra habitación, etc.

8.1.2.4. Elementos del juego: Mundo

El mundo en este juego es tu propia realidad, al ser un juego de Realidad Aumentada, todo el mapa será tu habitación, pero no forma parte del juego, solo el tablero y sus alrededores.

8.1.2.5. Elementos de registro y progreso

Los elementos de registro son los jugadores, cada uno deberá elegir al personaje que quiere utilizar para jugar.

El progreso no se almacenará, una vez los jugadores abandonan una partida se tiene que volver a iniciar de nuevo.

8.1.2.6. Elementos de jugabilidad y experiencia del jugador

Todos los elementos 3D que serán situados en el mundo real gracias a la Realidad Aumentada permitirán una experiencia nueva para el jugador

que rompe la barrera de lo real y lo virtual, permitiendo al jugador hacer todo desde su smartphone, pero haciendo que se sienta real, manteniendo así o mejorando la experiencia con los juegos de mesa.

8.1.3. Dinámica

8.1.3.1. Mundo de juego. Universo virtual

Al hacer uso de la realidad aumentada, el universo virtual será el mundo real, la habitación en la que estés, en dicho mundo se encontrará el tablero de juego sobre el que aparecerán los elementos 3D virtuales que permitirán al usuario jugar.

8.1.3.1.1. Detalles del juego en temática

La ambientación del juego tiene que incluir misterio. Dejando al usuario con una sensación de intriga todo el rato.

La música también debe tener ciertos toques clásicos que mantengan un ambiente sofisticado.

8.1.3.1.2. Detalles del juego en temática

Un adinerado señor de los 80 ha celebrado una fiesta en su mansión, y ha invitado a 6 amigos. Uno de estos amigos le asesina, pero nadie sabe quién ha sido, por tanto, estos 6 amigos pasan la noche en la mansión hasta averiguar quién ha sido el asesino, qué arma ha utilizado y en qué habitación lo ha hecho.

El juego comienza en el momento en que el anfitrión es asesinado y los amigos comienzan su acertijo para conocer la información del asesinato.

Esta historia es lineal, en todas las partidas es de la misma manera.

8.1.3.2. Interfaz del juego

Pantallas:

- **Inicial:** En esta pantalla los jugadores tienen que elegir los personajes.
- **Instrucciones:** En esta pantalla los jugadores obtienen la información acerca del funcionamiento el juego.
- **Central:** Esta es la pantalla de juego, en la que se muestra a partir del tablero escaneado los elementos de juego.
- **Fin de partida:** En esta pantalla se indica al jugador que es el ganador.

8.1.3.3. Controles de la interfaz

El control de la interfaz va a ser en todo momento táctil, con botones que pueden ser pulsados en la propia pantalla.

8.1.3.4. Aprendizaje del juego

Cada vez que un jugador juega una partida, éste va a incrementar sus capacidades de deducción y estrategia, de forma, que en cada partida el usuario elegirá mejor a qué habitaciones dirigirse según la información obtenida previamente, y por tanto, conseguirá llegar a la solución del asesinato más rápido.

8.1.3.5. Jugabilidad intrínseca

El objetivo queda muy definido desde el comienzo del juego, el ganador será el jugador que primero resuelva el asesinato.

8.1.3.6. Jugabilidad artística

La música inspira intriga todo el rato para mantener el ambiente de misterio.

En el momento de ganar la música inspira euforia, generando un momento épico para el jugador.

8.1.3.7. Jugabilidad intrapersonal

El jugador se siente intrigado todo el tiempo, y con la necesidad de descubrir quien ha cometido el asesinato.

8.1.3.8. Jugabilidad interpersonal

Los jugadores sienten rivalidad y la presión de ser el primero que descubre el asesinato, y por tanto, de ganar la partida.

8.1.3.9. Restricciones comerciales

La clasificación del juego debe ser para personas de 6 a 99 años.

8.1.4. Información del documento**8.1.4.1. Definición, acrónimos y abreviaturas**

AR: Realidad Aumentada.

8.2. Diagrama de clases

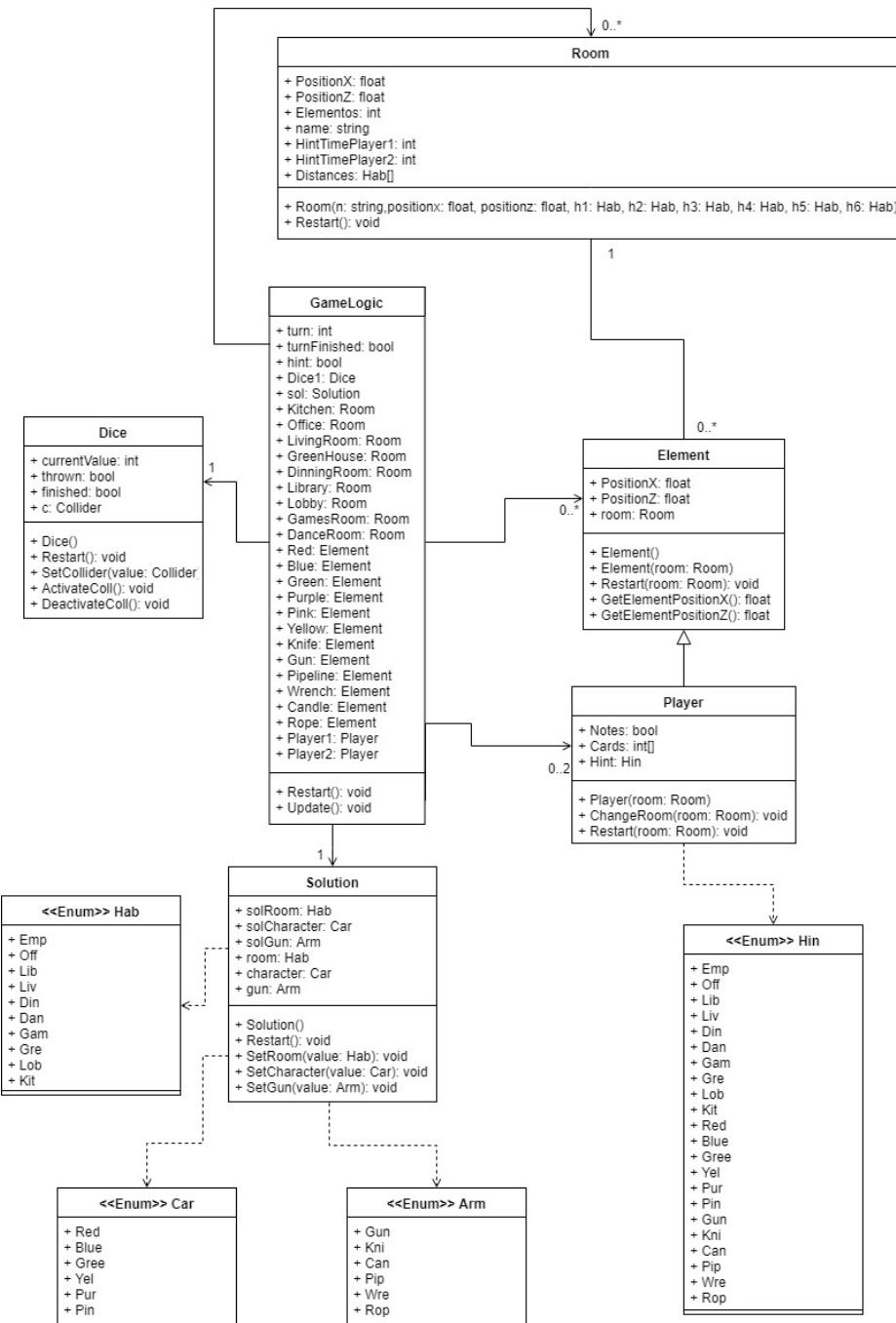


Figura 8.1: Imagen que muestra el diagrama de clases de la parte lógica del juego.

8.3. Product Backlog

En la Tabla 8.1 podemos encontrar el Product Backlog.

ID	Título	Estimación	Iteración	Entrega
HU1	Seleccionar personajes	2	3	2
HU2	Comenzar juego	3	3	2
HU3	Salir de la pantalla de instrucciones	4	3	2
HU4	Escanear tablero	5	4	2
HU5	Tirar los dados	8	5	3
HU6	Seleccionar habitación a la que desplazarse	2	5	3
HU7	Marcar carta con una X	1	6	3
HU8	Desmarcar una carta	2	6	3
HU9	Escanear una acusación	8	7	3
HU10	Terminar partida	2	7	3
HU11	Cambiar de turno	1	8	4

Tabla 8.1: Listado del Product Backlog.

8.4. Historias de usuario

Identificador: HU.1	Seleccionar personajes		
Descripción:	Como usuario jugador, quiero poder seleccionar un personaje de los disponibles en el juego.		
Estimación: 2	Prioridad: 1	Entrega: 2	
Pruebas de aceptación:			
<ul style="list-style-type: none"> ■ Comprobar que los personajes elegidos se almacena correctamente. 			

Tabla 8.2: Tabla de la historia de usuario número 1.

Identificador: HU.2	Comenzar juego	
Descripción: Como usuario jugador, quiero poder comenzar el juego una vez seleccionados los personajes.		
Estimación: 3	Prioridad: 1	Entrega: 2
Pruebas de aceptación:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Comprobar que el juego avanza a la siguiente pantalla posterior a la inicial. 		

Tabla 8.3: Tabla de la historia de usuario número 2.

Identificador: HU.3	Salir de la pantalla de instrucciones	
Descripción: Como usuario jugador, quiero poder avanzar a la siguiente pantalla después de haber leído las instrucciones.		
Estimación: 4	Prioridad: 1	Entrega: 2
Pruebas de aceptación:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Comprobar que el juego avanza a la siguiente pantalla posterior a la de instrucciones. 		

Tabla 8.4: Tabla de la historia de usuario número 3.

Identificador: HU.4	Escanear tablero	
Descripción: Como usuario jugador, quiero escanear el tablero para que comience el juego.		
Estimación: 5	Prioridad: 1	Entrega: 2
Pruebas de aceptación:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Comprobar que se reconoce la imagen de tablero. ■ Comprobar que se muestra la información 3D relacionada al tablero de forma correcta. ■ Comprobar que se muestran los botones necesarios para el juego una vez escaneado el tablero. 		

Tabla 8.5: Tabla de la historia de usuario número 4.

Identificador: HU.5	Tirar los dados	
Descripción: Como usuario jugador, quiero tirar los dados para obtener el número de movimientos que tengo.		
Estimación: 8	Prioridad: 1	Entrega: 3
Pruebas de aceptación:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Comprobar que el lanzamiento de dados es aleatorio. ■ Comprobar que se realiza correctamente el efecto visual. ■ Comprobar que el jugador que ha tirado los dados puede desplazarse hasta donde la tirada de dados le permita. 		

Tabla 8.6: Tabla de la historia de usuario número 5.

Identificador: HU.6	Seleccionar habitación a la que desplazarse	
Descripción: Como usuario jugador, quiero poder seleccionar la habitación a la que desplazarme en función del número obtenido en el lanzamiento de dados.		
Estimación: 2	Prioridad: 1	Entrega: 3
Pruebas de aceptación:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Comprobar que el personaje se desplaza a la habitación seleccionada. 		

Tabla 8.7: Tabla de la historia de usuario número 6.

Identificador: HU.7	Marcar carta con una X	
Descripción: Como usuario jugador, quiero marcar una carta con una X.		
Estimación: 8	Prioridad: 1	Entrega: 3
Pruebas de aceptación:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Comprobar que se marca la carta indicada con una X. 		

Tabla 8.8: Tabla de la historia de usuario número 7.

Identificador: HU.8	Desmarcar una carta	
Descripción: Como usuario jugador, quiero desmarcar una carta.		
Estimación: 2	Prioridad: 1	Entrega: 3
Pruebas de aceptación:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Comprobar que se desmarca la carta. 		

Tabla 8.9: Tabla de la historia de usuario número 8.

Identificador: HU.9	Escanear una acusación	
Descripción: Como usuario jugador, quiero escanear las cartas para realizar una acusación.		
Estimación: 8	Prioridad: 1	Entrega: 3
Pruebas de aceptación:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Comprobar que se reconocen las cartas que forman parte de la acusación. ■ Comprobar que la comprobación de si es la solución se hace de forma correcta. ■ Comprobar que si la acusación es incorrecta pase al turno del siguiente jugador. ■ Comprobar que si la acusación es correcta pase a la pantalla de victoria. 		

Tabla 8.10: Tabla de la historia de usuario número 9.

Identificador: HU.10	Terminar partida	
Descripción: Como usuario jugador, quiero terminar la partida.		
Estimación: 2	Prioridad: 1	Entrega: 3
Pruebas de aceptación:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Comprobar que el juego cambia a la pantalla de inicio. 		

Tabla 8.11: Tabla de la historia de usuario número 10.

Identificador: HU.11	Cambiar de turno	
Descripción: Como usuario jugador, quiero cambiar de turno al del otro jugador.		
Estimación: 1	Prioridad: 1	Entrega: 4
Pruebas de aceptación:		
<ul style="list-style-type: none">■ Comprobar que el menú de anotaciones que se muestra a los jugadores es diferente.■ Comprobar que la información que se muestra sobre el tablero es diferente para los diferentes jugadores.■ Comprobar que efectivamente estamos en el turno del otro jugador (comprobando que la información que se muestra es la del otro jugador).		

Tabla 8.12: Tabla de la historia de usuario número 11.

8.5. Bocetos

Las siguientes imágenes recogen los bocetos realizados previos al desarrollo del juego.

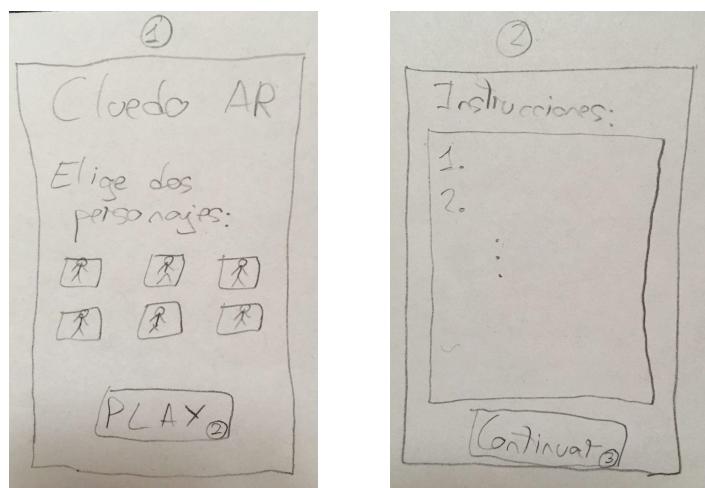


Figura 8.2: Imagen que muestra los bocetos correspondientes a la interfaz inicial y la interfaz de instrucciones.

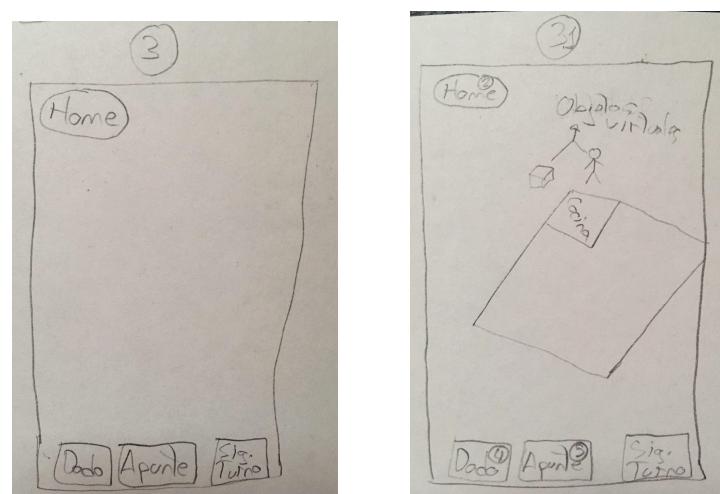


Figura 8.3: Imagen que muestra los bocetos correspondientes a la interfaz de juego, en la derecha se está escaneando el tablero.

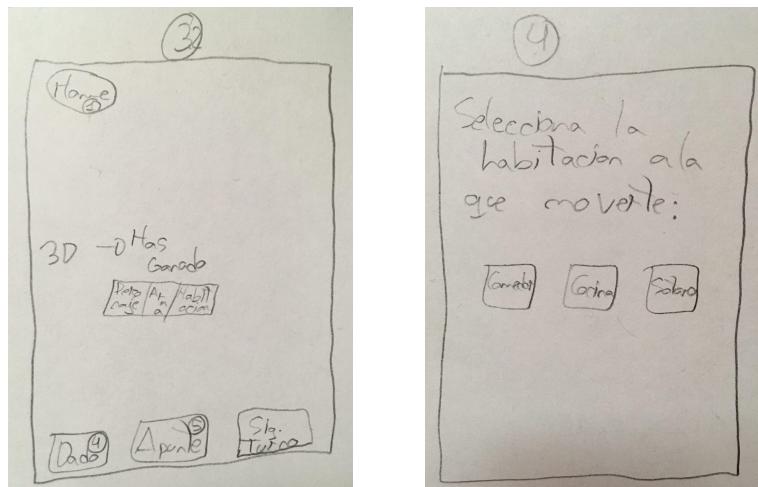


Figura 8.4: Imagen que muestra los bocetos correspondientes a la interfaz de juego cuando se escanea una acusación, y a la interfaz de la selección de habitación a la que moverse.

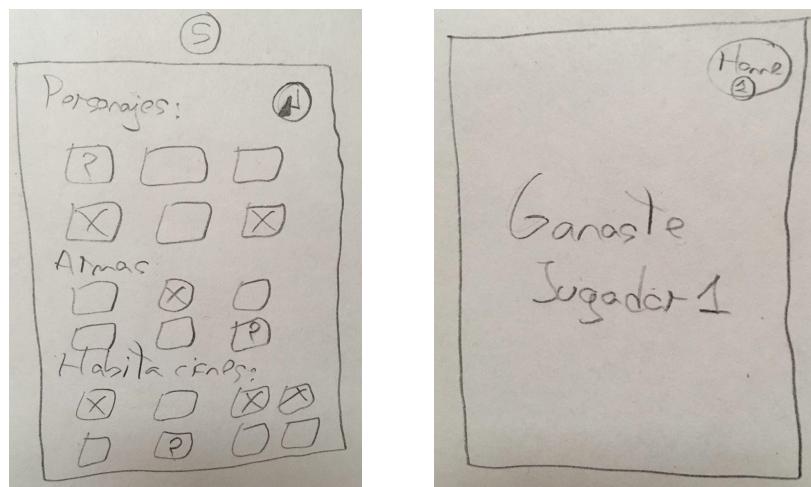


Figura 8.5: Imagen que muestra los bocetos correspondientes a la interfaz de la toma de apuntes y la que indica que se ha ganado el juego.

8.6. Tablas de usabilidad para los bocetos

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fracaso	Tiempo	Dificultades encontradas	Comentarios
El usuario está jugando una partida	Seleccionar ajustes iniciales	Éxito	10 seg	Le cuesta seleccionar el personaje con el dedo	Hacer los botones de personaje mas grandes
El usuario está jugando una partida	Comenzar el juego	Éxito	5 seg	Ninguna	
El usuario está jugando una partida	Salir de las instrucciones	Éxito	5 seg	Ninguna	
El usuario está jugando una partida	Escanear el tablero	Éxito	10 seg	Ninguna	
El usuario está jugando una partida	Lanzar el dado	Éxito	20 seg	Ninguna	Añadir imagen con el nombre de la habitación
El usuario está jugando una partida	Hacer apunte	Éxito	25 seg	Ninguna	
El usuario está jugando una partida	Escanear acusación	Éxito	20 seg	Ninguna	
El usuario está jugando una partida	Pasar de turno	Éxito	5 seg	Ninguna	
El usuario está jugando una partida	Terminar partida	Fracaso	15 seg	No sabe donde seleccionar terminar partida	Cambiar el texto del botón home por Terminar partida
El usuario está jugando una partida	Finalizar después de ganar	Éxito	5 seg	No sabe donde seleccionar para salir de esa pantalla	Cambiar el texto del botón home por Continuar

Tabla 8.13: Resultados usabilidad con Usuario 1.

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fracaso	Tiempo	Dificultades encontradas	Comentarios
El usuario se encuentra jugando una partida	Seleccionar ajustes iniciales	Éxito	5 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Comenzar el juego	Éxito	5 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Salir de las instrucciones	Éxito	5 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Escanear el tablero	Éxito	15 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Lanzar el dado	Éxito	10 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Hacer apunte	Fracaso	25 seg	No comprendía el funcionamiento de cómo realizar un apunte	Explicar en la pantalla de instrucciones inicial como se realiza un apunte
El usuario se encuentra jugando una partida	Escanear acusación	Éxito	10 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Pasar de turno	Éxito	3 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Terminar partida	Fracaso	7 seg	No encontraba el botón de inicio	Cambiar el texto del botón a español y mas grande
El usuario se encuentra jugando una partida	Finalizar después de ganar	Éxito	3 seg	No sabe que significa home, el botón es pequeño y poco accesible	Cambiar el texto del botón a español y mas grande

Tabla 8.14: Resultados usabilidad con Usuario 2.

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fracaso	Tiempo	Dificultades encontradas	Comentarios
El usuario se encuentra jugando una partida	Seleccionar ajustes iniciales	Éxito	5 seg	Ninguna	Activar el botón de play cuando haya seleccionado 2 personajes
El usuario se encuentra jugando una partida	Comenzar el juego	Éxito	5 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Salir de las instrucciones	Éxito	5 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Escanear el tablero	Éxito	3 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Lanzar el dado	Éxito	15 seg	El botón de dado no era muy descriptivo y el usuario no sabía si ahí se lanzaba	Cambiar el texto del botón dado a Lanzar dado
El usuario se encuentra jugando una partida	Hacer apunte	Éxito	20 seg	El botón usuario no entiende que pasa al pulsar el botón de apunte	Cambiar el texto del botón de apunte a Notas
El usuario se encuentra jugando una partida	Escanear acusación	Éxito	10 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Pasar de turno	Éxito	3 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Terminar partida	Éxito	3 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Finalizar después de ganar	Éxito	3 seg	Ninguna	Camiar el texto a Continuar y cambiar su posición y tamaño

Tabla 8.15: Resultados usabilidad con Usuario 3.

8.7. Tablas de usabilidad para la Entrega 2

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fraca-so	Tiempo	Dificultades en-contradas	Comentarios
El usuario se encuentra jugando una partida	Seleccionar ajustes iniciales	Éxito	7 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Comenzar el juego	Éxito	1 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Salir de las instrucciones	Éxito	4 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Escanear el tablero	Éxito	12 seg	Ninguna	

Tabla 8.16: Resultados usabilidad en la Entrega 2 con Usuario 1.

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fraca-so	Tiempo	Dificultades en-contradas	Comentarios
El usuario se encuentra jugando una partida	Seleccionar ajustes iniciales	Éxito	4 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Comenzar el juego	Éxito	2 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Salir de las instrucciones	Éxito	7 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Escanear el tablero	Éxito	6 seg	Ninguna	

Tabla 8.17: Resultados usabilidad en la Entrega 2 con Usuario 2.

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fraca-so	Tiempo	Dificultades en-contradas	Comentarios
El usuario se encuentra jugando una partida	Seleccionar ajustes iniciales	Éxito	7 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Comenzar el juego	Éxito	1 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Salir de las instrucciones	Éxito	2 seg	Ninguna	Le cuesta leer el texto por la similitud de color con el fondo
El usuario se encuentra jugando una partida	Escanear el tablero	Éxito	6 seg	Ninguna	

Tabla 8.18: Resultados usabilidad en la Entrega 2 con Usuario 3.

8.8. Tablas de usabilidad para la Entrega 3

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fracaso	Tiempo	Dificultades encontradas	Comentarios
El usuario se encuentra jugando una partida	Lanzar el dado	Éxito	9 seg	Ninguna	Añadir indicador al personaje actual para saber su posición en todo momento
El usuario se encuentra jugando una partida	Hacer apunte	Éxito	16 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Escanear acusación	Éxito	20 seg	Le cuesta escanear las cartas, ya que el juego tarda en detectarla	
El usuario se encuentra jugando una partida	Terminar partida	Éxito	3 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Finalizar después de ganar	Éxito	1 seg	Ninguna	

Tabla 8.19: Resultados usabilidad en la Entrega 3 con Usuario 1.

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fraca-so	Tiempo	Dificultades en-contradas	Comentarios
El usuario se encuentra jugando una partida	Lanzar el dado	Éxito	11 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Hacer apunte	Fracaso	22 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Escanear acusa-ción	Éxito	25 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Terminar partida	Éxito	3 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Finalizar después de ganar	Éxito	3 seg	Ninguna	

Tabla 8.20: Resultados usabilidad en la Entrega 3 con Usuario 2.

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fracaso	Tiempo	Dificultades encontradas	Comentarios
El usuario se encuentra jugando una partida	Lanzar el dado	Éxito	4 seg	Le cuesta leer los cubos(botones)	
El usuario se encuentra jugando una partida	Hacer apunte	Éxito	10 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Escanear acusación	Éxito	20 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Terminar partida	Éxito	6 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Finalizar después de ganar	Éxito	3 seg	Ninguna	

Tabla 8.21: Resultados usabilidad en la Entrega 3 con Usuario 3.

8.9. Tablas de usabilidad para la Entrega 4

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fraca-so	Tiempo	Dificultades en-contradas	Comentarios
El usuario se encuentra jugando una partida	Pasar de turno	Éxito	2 seg	Ninguna	

Tabla 8.22: Resultados usabilidad en la Entrega 4 con Usuario 1.

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fraca-so	Tiempo	Dificultades en-contradas	Comentarios
El usuario se encuentra jugando una partida	Pasar de turno	Éxito	2 seg	Ninguna	

Tabla 8.23: Resultados usabilidad en la Entrega 4 con Usuario 2.

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fraca-so	Tiempo	Dificultades en-contradas	Comentarios
El usuario se encuentra jugando una partida	Pasar de turno	Éxito	2 seg	Ninguna	

Tabla 8.24: Resultados usabilidad en la Entrega 4 con Usuario 3.

Glosario de términos

SDK: Kit de desarrollo de software que contiene herramientas que permiten la creación de aplicaciones con una utilidad específica, por ejemplo, realidad aumentada.

GDD: Es el documento de diseño del juego, que contiene todos los aspectos relevantes sobre éste.

Bibliografía

- [1] INE, B., *Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en los Hogares.*, Notas de prensa del Instituto Nacional de Estadística, (5 de octubre de 2017).
- [2] Azuma, R. T., *A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators Virtual Environments*, 6(4), 355-385. (1997).
- [3] Intel, *Demystifying the Virtual Reality Landscape*, Virtual Reality Vs. Augmented Reality Vs. Mixed Reality, Recuperado de <https://www.intel.es/content/www/es/es/tech-tips-and-tricks/virtual-reality-vs-augmented-reality.html>, (2018).
- [4] Reinoso, R., *Realidad Aumentada y Virtual: Descubriendo sus posibilidades en Educación y Formación 1/2 - EDUinsights.*, Slideshare, [Diapositivas de Power Point]. Recuperado de https://es.slideshare.net/tecnotic/realidad-aumentada-y-virtual-descubriendo-sus-posibilidades-en-educacion-y-formacion-12-eduinsights-91588341?qid=96d26ead-6ee5-4f87-9c8c-846931c34eee&v=&b=&from_search=1, (22 de marzo de 2018).
- [5] Van Krevelen, D. W. F., Poelman, R., *A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. International journal of virtual reality*, 9(2), 1. (2010).
- [6] Prendes Espinosa, C., *Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 187-203. (2015).
- [7] Billinghurst, M., Clark, A., Lee, G., *A survey of augmented reality. Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 8(2-3), 73-272. (2015).
- [8] Microsoft, Microsoft HoloLens, Microsoft, Recuperado de <https://www.microsoft.com/es-es/hololens>, (2018).

- [9] LiKamWa, R., Wang, Z., Carroll, A., Lin, F. X., Zhong, L., *Draining our glass: An energy and heat characterization of google glass*. In *Proceedings of 5th Asia-Pacific Workshop on Systems* (p. 10). ACM. (Junio de 2014).
- [10] Meta Company, *Powered by neuroscience. Designed for trailblazers.*, Meta, Recuperado de <http://www.metavision.com/>, (2017).
- [11] Magic Leap, *Magic in the Making*, Magic Leap, Recuperado de <https://www.magicleap.com/>, (2018).
- [12] Mira Labs, *Deploy Augmented Reality*, Mira Augmented Reality, Recuperado de <https://www.mirareality.com/>, (2018).
- [13] Apple, *ARKit*, Apple Developer, Recuperado de <https://developer.apple.com/arkit/>, (2018).
- [14] Vuforia, *AR Features*, Vuforia Engine, Recuperado de <https://www.vuforia.com/features.html>, (2018).
- [15] EasyAR, *What is EasyAR SDK*, EasyAR, Recuperado de <https://www.easyar.com/view/sdk.html>, (2018).
- [16] Wikitude, *The world's leading Augmented Reality SDK*, Wikitude, Recuperado de <https://www.wikitude.com/products/wikitude-sdk/>, (2018).
- [17] Facebook, *AR Studio*, Facebook for developers, Recuperado de <https://developers.facebook.com/docs/ar-studio>, (2018).
- [18] Layar, *Easily create your own interactive augmented reality experiences*, Layar, Recuperado de <https://www.layar.com/>, (2018).
- [19] Google, *ARCore Overview*, Google Developers, Recuperado de <https://developers.google.com/ar/discover/>, (8 de mayo de 2018).
- [20] Google, *Recognize and Augment Images*, Android Developers, Recuperado de <https://developers.google.com/ar/develop/java/augmented-images/>, (11 de mayo de 2018).
- [21] Google, *Working with Anchors*, Android Developers, Recuperado de <https://developers.google.com/ar/develop/developer-guides/anchors>, (8 de mayo de 2018).

- [22] Google, *Share AR Experiences with Cloud Anchors*, Android Developers, Recuperado de <https://developers.google.com/ar/develop/java/cloud-anchors/cloud-anchors-overview-android>, (8 de mayo de 2018).
- [23] Google, *Sceneform Overview*, Android Developers, Recuperado de <https://developers.google.com/ar/develop/java/sceneform/>, (25 de junio de 2018).
- [24] Google, *Cómo comenzar a usar el NDK*, Android Developers, Recuperado de <https://developer.android.com/ndk/guides/>, (19 de abril de 2018).
- [25] Unity, *Creando y usando scripts*, Unity-Manual, Recuperado de <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/CreatingAndUsingScripts.html>, (2016).
- [26] Epic Games, *Programming Quick Start*, Unreal Engine, Recuperado de <https://docs.unrealengine.com/en-US/Programming/QuickStart>, (2018).
- [27] Google, *Quickstart for AR on the Web*, Android Developers, Recuperado de <https://developers.google.com/ar/develop/web/quickstart>, (23 de febrero de 2018).
- [28] Ullmer, B., Ishii, H., *Emerging frameworks for tangible user interfaces*. *IBM systems journal*, 39(3.4), 915-931. (2000).
- [29] Microsoft, *Inmerse yourself in a new reality*, Windows Mixed Reality, Recuperado de <https://www.microsoft.com/en-us/windows/windows-mixed-reality>, (2018).
- [30] Ha, T., Woo, W., Lee, Y., Lee, J., Ryu, J., Choi, H., Lee, K., *ARtalet: tangible user interface based immersive augmented reality authoring tool for Digilog book*. In *Ubiquitous Virtual Reality (ISUVR)*, 2010 International Symposium on (pp. 40-43). IEEE. (Julio de 2010).
- [31] Beck, K., Beedle, M., Van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., ... Kern, J., *Manifesto for agile software development*. (2001).
- [32] Sánchez, J., *En busca del Diseño Centrado en el Usuario (DCU): definiciones, técnicas y una propuesta*, No solo usabilidad: Revista sobre personas, diseño y tecnología, Recuperado de http://www.nosolousabilidad.com/articulos/dcuc.htm?utm_

- source=iNeZha.com&utm_medium=im_robot&utm_campaign=iNezha, (5 de septiembre de 2011).
- [33] Pereira, A. M. M., *El proceso productivo del videojuego: fases de producción/The production process of the game: production phases*. Historia y Comunicación Social, 19, 791-805. (2014).
- [34] Nielsen, J., *10 usability heuristics for user interface design*. Nielsen Norman Group, 1(1). (1995).

