



# UNIVERSIDAD DE GRANADA

TRABAJO DE FIN DE GRADO  
GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

## Juego de mesa Cluedo basado en tecnología ARCore

---

**Desarrollo del juego de mesa Cluedo 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, 6 de julio de 2018



# **Juego de mesa Cluedo basado en tecnología ARCore: Desarrollo del juego de mesa Cluedo 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 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 objetivo principal del juego es explorar que ventajas puede aportar la realidad aumentada a los juegos en dispositivos móviles, y mas específicamente a los juegos de mesa en dispositivos móviles.

El proyecto explorará también la integración de diferentes formas de interacción en juegos, permitiendo funcionalidades que se tendrán que llevar a cabo mediante interacción con elementos físicos, y otras funcionalidades que se desarrollarán con interacción únicamente con el dispositivo móvil.



# **Cluedo board game based on ARCore technology: Development of Cluedo 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.

This 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 main objective of the game is to explore the advantages that augmented reality can bring to mobile devices games, and more specifically to board games in mobile devices.

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.



---

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 6 de julio 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 mesa Cluedo basado en tecnología ARCore: Desarrollo del juego de mesa Cluedo 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 6 de julio 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

<b>1. Introducción y objetivo</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción . . . . .	1
1.2. Motivación . . . . .	1
1.3. Estructura del documento . . . . .	1
1.4. Objetivo . . . . .	1
<b>2. Estado del arte</b>	<b>3</b>
2.1. Realidad aumentada . . . . .	3
2.2. Diferencias entre realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta . . . . .	3
2.3. Aplicaciones de la realidad aumentada . . . . .	4
2.4. Formas de integrar la información digital con el mundo real [27] . . . . .	8
2.5. Dispositivos y técnicas de visualización [28] . . . . .	11
2.6. Desarrollo de realidad aumentada . . . . .	15
2.6.1. Librerías . . . . .	15
2.6.2. Herramientas de autor . . . . .	16
2.6.3. ARCore . . . . .	16
2.7. Interfaces tangibles . . . . .	18
<b>3. Proceso de desarrollo</b>	<b>21</b>
3.1. Metodologías de desarrollo ágil . . . . .	21
3.2. Diseño centrado en el usuario . . . . .	21
3.3. Plan de entregas . . . . .	21
3.4. Bocetos . . . . .	21
3.4.1. Pruebas heurísticas . . . . .	21
3.4.2. Pruebas de usabilidad . . . . .	23
3.4.3. Conclusiones . . . . .	24
<b>4. Conclusiones finales y futuro</b>	<b>25</b>
4.1. Conclusiones . . . . .	25
4.2. Trabajo futuro . . . . .	25

<b>5. Anexos</b>	<b>27</b>
5.1. Bocetos . . . . .	27
5.2. Tablas de usabilidad para los bocetos . . . . .	29
<b>Glosario de términos</b>	<b>33</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>35</b>

# **Capítulo 1**

## **Introducción y objetivo**

**1.1. Introducción**

**1.2. Motivación**

**1.3. Estructura del documento**

**1.4. Objetivo**



## Capítulo 2

# Estado del arte

### 2.1. Realidad aumentada

Una de las primeras definiciones de realidad aumentada fue dada por Ronald Azuma en 1997 [23], 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

**Realidad virtual:** Es una tecnología completamente inmersiva que consiste en convencer a tus sentidos de que estas 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. [1]

**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. [1]

**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. [1]

### 2.3. Aplicaciones de la realidad aumentada

- **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 doctores 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. [23]



Figura 2.1: Profesionales médicos utilizando realidad aumentada como ayuda para una operación.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Philip Pratt, et al. Eur Radiol Exp, 2018

- **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 tu 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. [16]



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



Figura 2.3: Imagen que muestra la utilización de realidad aumentada en la retransmisión de deportes. [26]

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

- **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 quien es, su puesto y la velocidad que lleva como se puede ver en la Figura 2.3. [26]



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

- **Turismo:** La realidad aumentada puede dar una vuelta al turismo, teniendo un guia turistico 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. [16]

---

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



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.

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

## 8 2.4. Formas de integrar la información digital con el mundo real [27]



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

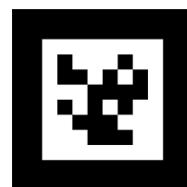


Figura 2.7: Imagen que muestra un ejemplo de marcador.

## 2.4. Formas de integrar la información digital con el mundo real [27]

- **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.

---

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

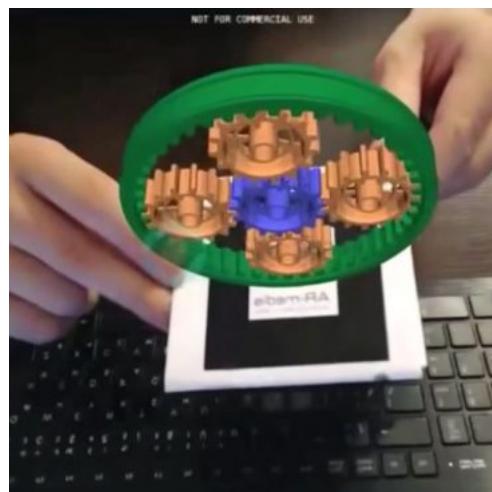


Figura 2.8: Imagen que muestra un marcador con un modelo 3D asociado a este.<sup>10</sup>

- **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.



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

---

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

## 10 2.4. Formas de integrar la información digital con el mundo real [27]

- **Vincular la información a un objeto 3D:** Lo que ocurre es que se tendrá almacenado en memoria un modelo del objeto, y con dispositivos como Kinect (mostrado en la Figura 2.10) se puede reconocer dicho objeto y asociar una información a este.



Figura 2.10: Imagen que muestra la herramienta kinect.<sup>13</sup>

- **Vincular la información a una escena:** Lo que hace esta técnica es escanear el mundo real y asignar coordenadas, escaneará las superficies planas horizontales y verticales, y establecerá un modelo 3D de estas, en el que establece coordenadas, y a cada una de estas coordenadas se puede asociar información con respecto a la posición de esta, como se puede ver en la Figura 2.11, lo que nos permitirá gracias a que se escanea el mundo en 3D que al movernos alrededor, incluso si dejamos de tener la coordenada dentro de la visión de la cámara, que al volver a mirar al punto de la coordenada la información asociada siga ahí.



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

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

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

- **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.

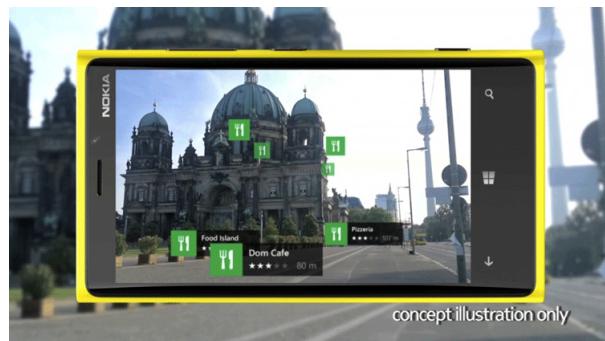


Figura 2.12: Imagen que muestra la visualización de información asociada a coordenadas del mundo real.<sup>17</sup>

## 2.5. Dispositivos y técnicas de visualización [28]

Existen diferentes tipos de pantallas para la visualización de realidad aumentada:

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

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

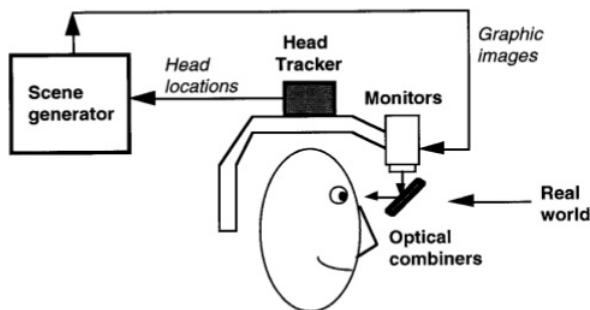
<sup>19</sup> <https://urbantecno.com/tecnologia/arkit-realidad-aumentada-apple>, Eva Rodríguez de Luis



Figura 2.13: Imagen que muestra una tablet usando una aplicación de realidad aumentada.<sup>19</sup>

- **Pantallas ópticas transparentes:** Estas pantallas mediante sistemas ópticos combinan imágenes virtuales con video 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.

## Optical see-through HMD



15

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

---

<sup>21</sup>Augmented Reality ppt. [Diapositivas de Power Point]. Recuperado de

- **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.

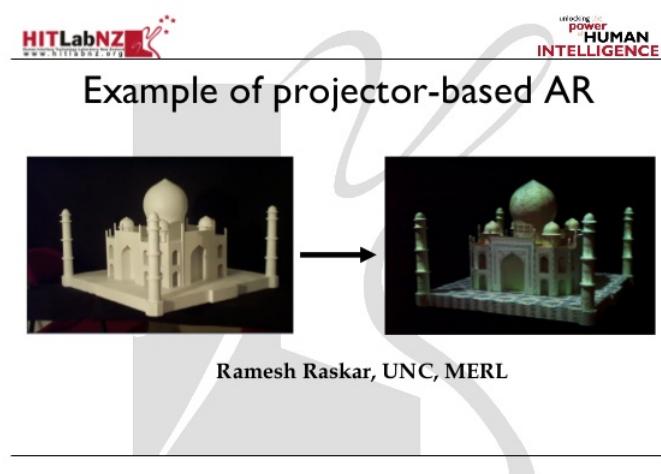


Figura 2.15: Imagen que muestra como sobre un objeto se proyecta para conseguir una apariencia de objeto real.<sup>23</sup>

- **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.

<https://www.slideshare.net/Khyati14Ganatra/augmented-reality-ppt-47315337>.  
Ganatra, K. (22 de abril de 2015).

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

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



Figura 2.16: Imagen que muestra como es llevar las Google Glass puestas.<sup>25</sup>

Otra forma de categorizar los tipos de pantalla puede ser la siguiente:

- **Head-attached displays:** Son dispositivos que van colocados en al cabeza 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.[22]
- **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. [29]
- **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. [21]

- **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 cansse la vista. [20]
- **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. [19]

## 2.6. Desarrollo de realidad aumentada

### 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. [3]
- **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. A diferencia de ARCore y ARKit no conoce la posición del dispositivo con respecto al mundo. [4]
- **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. A diferencia de ARCore y ARKit no conoce la posición del dispositivo con respecto al mundo. [5]

- **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. A diferencia de ARCore y ARKit no conoce la posición del dispositivo con respecto al mundo. [6]

### 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]
- **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 tu 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]

### 2.6.3. ARCore

: 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 represen-

tación del mundo.

Esta representación del mundo permite situar información como objetos, anotaciones, etc. que se integra perfectamente en el mundo real.[2]

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. Se puede utilizar desarrollando con Android, Android NDK, Unity y Unreal Engine. [12]
- **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 de realismo[13]. 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. [14]
- **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. [15]

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. [8]
- **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. [9]
- **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++. [10]
- **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. [11]

## 2.7. Interfaces tangibles

Las interfaces tangibles son interfaces de usuario mediante las cuales el usuario interactúa con la información digital a través del entorno físico. [24]

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. [7]

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, y con este puntero que reconoce la cámara son capaces de manipular otros elementos virtuales que se habían situado en el entorno real que la cámara percibe. [25]



## **Capítulo 3**

# **Proceso de desarrollo**

### **3.1. Metodologías de desarrollo ágil**

### **3.2. Diseño centrado en el usuario**

### **3.3. Plan de entregas**

### **3.4. Bocetos**

Se han llevado a cabo pruebas sobre los bocetos que se encuentran en la sección 5.1 del Anexo, dichas pruebas incluyen pruebas heurísticas realizadas por el desarrollador y pruebas de usabilidad con usuarios reales.

#### **3.4.1. Pruebas heurísticas**

- 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.

### 3.4.2. Pruebas de usabilidad

Las tablas que contienen la información obtenida en estas pruebas de usabilidad se encuentran en la sección 5.2 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 5.1

#### ■ 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 5.2

#### ■ 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 5.3

### 3.4.3. Conclusiones

Durante dichas pruebas 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.

## **Capítulo 4**

# **Conclusiones finales y futuro**

### **4.1. Conclusiones**

### **4.2. Trabajo futuro**



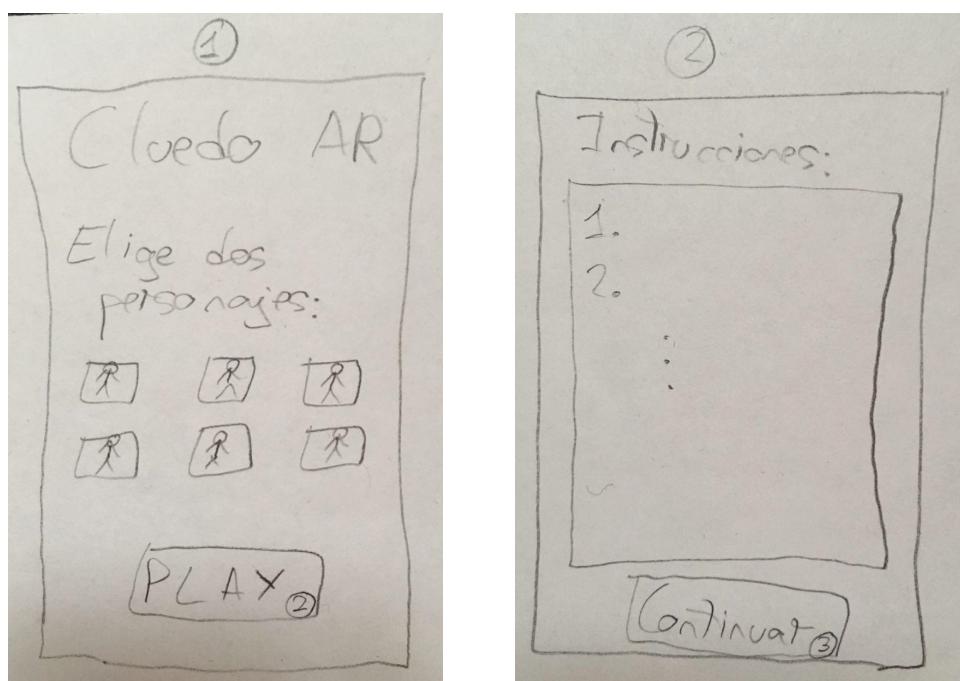
# Capítulo 5

## Anexos

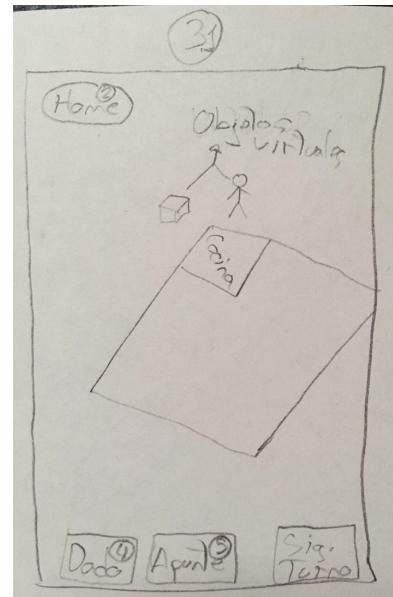
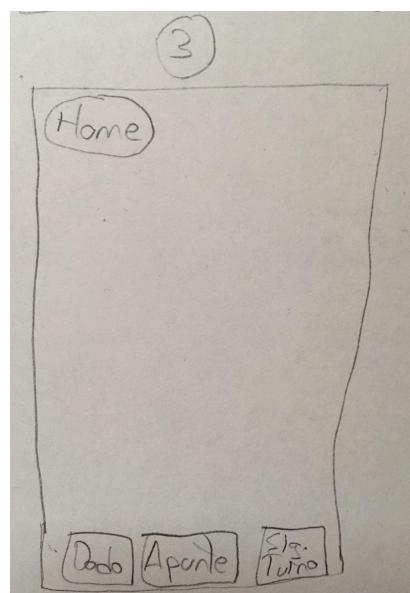
### 5.1. Bocetos

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

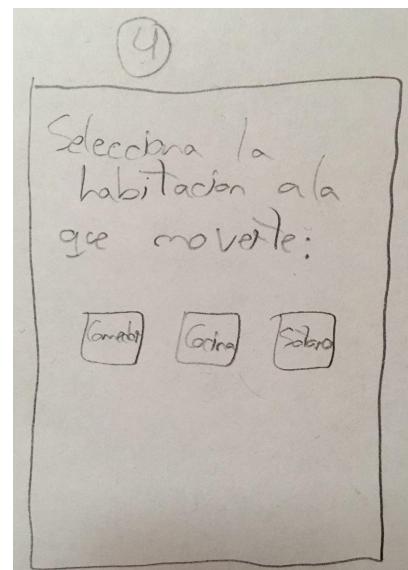
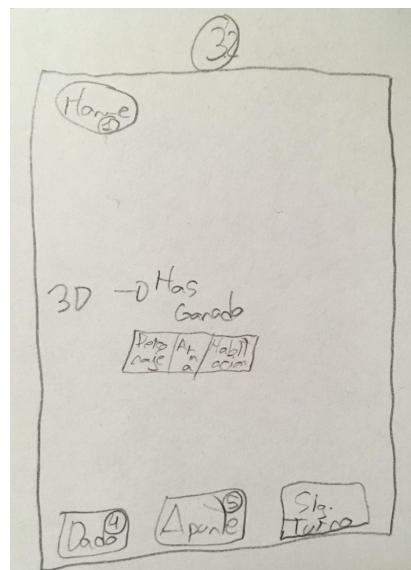
Bocetos sobre la pantalla inicial y la pantalla de instrucciones:



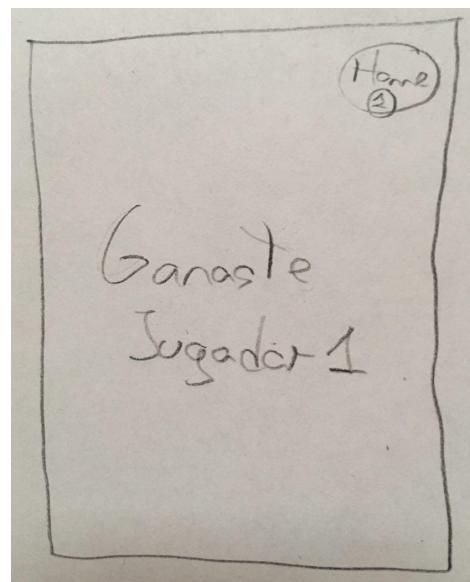
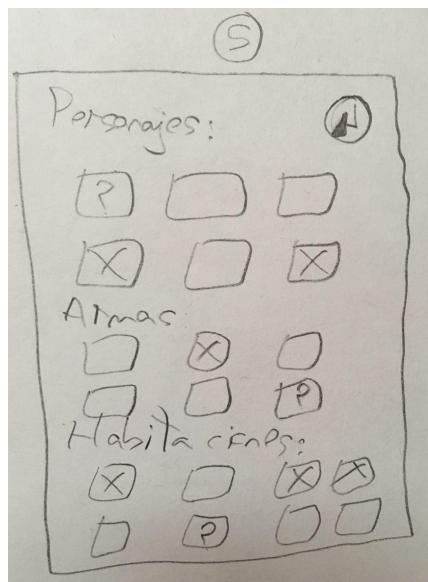
Bocetos sobre la pantalla de juego, con diferentes visualizaciones:



Bocetos sobre la pantalla de juego, y la de selección de habitación:



Bocetos sobre la pantalla de tomar apuntes y la pantalla cuando un jugador gana el juego:



## 5.2. Tablas de usabilidad para los bocetos

Escenario de uso	Tarea	Éxito/ Fracaso	Tiempo	Dificultades encontradas	Comentarios
El usuario se encuentra jugando una partida	Seleccionar ajustes iniciales	Éxito	10 seg	Le cuesta seleccionar el personaje con el dedo	Hacer los botones de personaje mas grandes para facilitar a los usuarios este proceso
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	10 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Lanzar el dado	Éxito	20 seg	Ninguna	Añadir imagen con el nombre de la habitación para facilitar a los usuarios este proceso
El usuario se encuentra jugando una partida	Hacer apunte	Éxito	25 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Escanear acusación	Éxito	20 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Pasar de turno	Éxito	5 seg	Ninguna	
El usuario se encuentra jugando una partida	Volver a la pantalla inicial	Fracaso	15 seg	No sabe donde seleccionar terminar partida	Cambiar el texto del botón home por Terminar partida
El usuario se encuentra 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 5.1: 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	Volver a la pantalla inicial	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 5.2: 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	Volver a la pantalla inicial	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 5.3: Resultados usabilidad con Usuario 3.

# **Glosario de términos**



# Bibliografía

## Páginas web consultadas durante la realización del proyecto

- [1] Intel: Demystifying the Virtual Reality Landscape.  
Recuperado de  
<https://www.intel.es/content/www/es/es/tech-tips-and-tricks/virtual-reality-vs-augmented-reality.html>
- [2] Google Developers: ARCore Overview. Recuperado de  
<https://developers.google.com/ar/discover/>
- [3] Apple Developer: ARKit. Recuperado de  
<https://developer.apple.com/arkit/>
- [4] Vuforia: AR Features. Recuperado de  
<https://www.vuforia.com/features.html>
- [5] EasyAR: EasyAR SDK. Recuperado de  
<https://www.easyar.com/view/sdk.html>
- [6] Wikitude: Augmented Reality SDK. Recuperado de  
<https://www.wikitude.com/products/wikitude-sdk/>
- [7] Windows Mixed Reality: Inmersion yourself in a new reality.  
Recuperado de  
<https://www.microsoft.com/en-us/windows/windows-mixed-reality>
- [8] Android Developers: Cómo comenzar a usar el NDK. Recuperado de  
<https://developer.android.com/ndk/guides/>
- [9] Unity - Manual: Creando y usando scripts. Recuperado de  
<https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/CreatingAndUsingScripts.html>
- [10] Unreal Engine: Programming Quick Start. Recuperado de  
<https://docs.unrealengine.com/en-US/Programming/QuickStart>

- [11] Android Developers: Quickstart for AR on the Web.  
Recuperado de  
<https://developers.google.com/ar/develop/web/quickstart>
- [12] Android Developers: Recognize and Augment Images.  
Recuperado de  
<https://developers.google.com/ar/develop/java/augmented-images/>
- [13] Android Developers: Working with Anchors. Recuperado de  
<https://developers.google.com/ar/develop/developer-guides/anchors>
- [14] Android Developers: Share AR Experiences with Cloud Anchors. Recuperado de  
<https://developers.google.com/ar/develop/java/cloud-anchors/cloud-anchors-overview-android>
- [15] Anroid Developers: Sceneform Overview. Recuperado de  
<https://developers.google.com/ar/develop/java/sceneform/>
- [16] Realidad Aumentada y Virtual: Descubriendo sus posibilidades en Educación y Formación 1/2 - EDUinsights. [Diapositivas de Power Point]. Recuperado de  
<https://es.slideshare.net/tecnotic/realidad-aumentada-y-virtual-descubriendo-sus-posibilidades-en-educacion-y-f>  
qid=96d26ead-6ee5-4f87-9c8c-846931c34eee&v=&b=&from\_search=1. Reinoso, R. (22 de marzo de 2018).
- [17] Facebook for Developers: AR Studio - Documentation.  
Recuperado de  
<https://developers.facebook.com/docs/ar-studio>
- [18] Layar: Easily create your own interactive augmented reality experiences. Recuperado de  
<https://www.layar.com/>
- [19] Mira Augmented Reality: Deploy Augmented Reality.  
Recuperado de  
<https://www.mirareality.com/>
- [20] Magic Leap: Magic in the Making. Recuperado de  
<https://www.magicleap.com/>
- [21] Meta: Powered by neuroscience. Designed for trailblazers.  
Recuperado de  
<http://www.metavision.com/>

- [22] Microsoft: Microsoft HoloLens. Recuperado de <https://www.microsoft.com/es-es/hololens>

### Libros consultados

- [23] *A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators Virtual Environments*, 6(4), 355-385. Azuma, R. T. (1997)
- [24] *Emerging frameworks for tangible user interfaces. IBM systems journal*, 39(3.4), 915-931. Ullmer, B., Ishii, H. (2000).
- [25] *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. Ha, T., Woo, W., Lee, Y., Lee, J., Ryu, J., Choi, H., Lee, K. (2010, July).
- [26] *A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. International journal of virtual reality*, 9(2), 1. Van Krevelen, D. W. F., Poelman, R. (2010).
- [27] *Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 187-203. Prendes Espinosa, C. (2015).
- [28] *A survey of augmented reality. Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 8(2-3), 73-272. Billinghurst, M., Clark, A., Lee, G. (2015).
- [29] *Draining our glass: An energy and heat characterization of google glass. In Proceedings of 5th Asia-Pacific Workshop on Systems* (p. 10). ACM. LiKamWa, R., Wang, Z., Carroll, A., Lin, F. X., Zhong, L. (2014, June).

### Páginas de principales productos y programas usados

- [30] Unity - Página principal  
<https://unity3d.com/es>

### Otros recursos utilizados

Apuntes de asignaturas del **Grado en Ingeniería Informática**, tales como:

- Programación de Dispositivos Móviles
- Fundamentos de Ingeniería del Software

- Dirección y Gestión de proyectos
- Metodologías de Desarrollo Ágil

