



DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA VISITA ENRIQUECIDA AL MUSEO DE LA TELECOMUNICACIÓN

Ángel Martínez Muñoz

Tutor: María Carmen Bachiller Martín

Cotutor: José María Monzó Ferrer

Trabajo Fin de Grado presentado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València, para la obtención del Título de Graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación

Curso 2018-19

Valencia, 1 de abril de 2019



Resumen

Este trabajo detalla el proceso seguido para la creación y puesta en funcionamiento de una aplicación de Realidad Aumentada. La finalidad de esta aplicación es proporcionar al Museo de la Telecomunicación, alojado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Valencia, la posibilidad de ofrecer a sus visitantes una herramienta que haga mejorar la experiencia de la visita y aporte dinamismo a la misma.

Esta memoria recopila información acerca del proceso de desarrollo de la aplicación y la investigación realizada para poder llevarla a cabo, así como una explicación general del momento que vive la tecnología empleada, y sus aplicaciones actuales, centrándonos no sólo en los museos. Así como el análisis de las diferentes herramientas disponibles.

También se incluye las diferentes pruebas beta que se han realizado para recopilar información, mediante la realización de encuestas, para posibles correcciones y evoluciones que se puedan realizar en un futuro trabajo.

Resum

Aquest treball detalla el procés seguit per a la creació i posada en funcionament d'una aplicació de realitat augmentada. La finalitat d'aquesta aplicació és proporcionar al museu de les Telecomunicacions, allotjat a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de la Universitat Politècnica de València, la possibilitat d'oferir als seus visitants una eina que faça millorar l'experiència de la visita i aporte dinamisme a aquesta.

Aquesta memòria recopila informació sobre el procés de desenvolupament de l'aplicació i la investigació realitzada per a poder dur-la a terme, així com una explicació general del moment que viu la tecnologia emprada, i les seues aplicacions actuals, centrant-nos no solament en els museus. Així com l'anàlisi de les diferents eines disponibles.

També s'inclouen informació referent a les diferents proves beta que s'han realitzat per a recopilar informació, mitjançant la realització d'enquestes, per a possibles correccions i evolutius que es puguem realitzar en un futur treball.

Abstract

This paper details the process done for the creation and implementation of an augmented reality application. The purpose of this application is to improve the experience of visits to the Telecommunications Museum, housed in the Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación of Universidad Politécnica de Valencia. The application offers to visitors the possibility of improving the visit experience, making it more dynamic.

This report compiles information about the process of the application development and the research done to carry it out, as well as a general explanation of the current state of the technology used in that development and the commercial uses that this technology is currently having, more specifically in its application in museums. An analysis of the different tools available has also been carried out.

The work also talks about the different beta tests done during the project, with the aim of collecting and analyzing the information gathered. Based on this, different solutions and evolutions of the application have been proposed for its future improvement.



Índice

Capítulo 1. Introducción	2
1.1 Objetivos	3
1.2 Motivación	3
1.3 Plan de trabajo.....	5
Capítulo 2. Estado del arte	7
2.1 Museos y nuevas tecnologías	7
2.1.1 Realidad Aumentada y Realidad Virtual.....	7
2.2 Herramientas de desarrollo.....	9
Capítulo 3. Desarrollo de la aplicación.....	11
3.1 Estado de la aplicación.....	11
3.2 Herramientas de desarrollo.....	14
3.3 Desarrollo realizado.	15
3.3.1 Primeros pasos y correcciones	15
3.3.2 Nuevos desarrollos	22
Capítulo 4. Validación de la aplicación	30
4.1 Publicación en Google Play Store	30
4.2 Desarrollo de la prueba piloto	34
4.2.1 Entorno.....	34
4.2.2 Test.....	35
Capítulo 5. Resultados	36
5.1 Aplicación	36
5.2 Resultados Test	42
Capítulo 6. Conclusiones y líneas futuras	45
6.1 Conclusiones	45
6.2 Líneas futuras a partir de los resultados	46
Capítulo 7. Bibliografía.....	48
7.1 Referencias bibliográficas	48
7.2 Índice de tablas e ilustraciones.....	49
Capítulo 8. Anexos.....	51
8.1 Anexo 1	51
8.2 Anexo 2	52
8.3 Anexo 3	54



Capítulo 1. Introducción

Este Trabajo Final de Grado tiene como finalidad la puesta en funcionamiento de una aplicación de Realidad Aumentada que pueda ser utilizada en el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, museo ubicado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Valencia.

Se trata principalmente de la realización de un proyecto de investigación y desarrollo de una nueva aplicación sobre nuevas tecnologías, concretamente de la aplicación de la Realidad Aumentada. Esta aplicación parte de un prototipo previo recibido de un Trabajo Final de Grado anterior, a partir del cual se quiere desarrollar una nueva aplicación funcional que se pueda publicar en la tienda de aplicaciones de Google para dispositivos Android.

La aplicación se desarrolla sobre dispositivos con el sistema operativo Android con la idea de que la mayoría de los visitantes del museo puedan descargar la aplicación al acceder al museo y disfrutar de una experiencia diferente a la que uno está acostumbrado cuando piensa en visitar un museo.

La experiencia que se busca es dar otra dimensión a la visita, ya que ver un determinado objeto puede resultar interesante, pero lo es mucho más si puedes ver el mismo objeto en funcionamiento simplemente enfocando con el dispositivo móvil que llevas encima. De esta forma la visita, gracias a este nuevo nivel de interacción con los elementos expuestos, es mucho más amena, curiosa y genera en las personas las ganas por seguir viendo qué evento se van a encontrar en la siguiente vitrina de la colección.

Para alcanzar esta experiencia deseada, se deben trabajar a fondo los contenidos, desde su proceso de selección y distribución por el museo, hasta el tipo de eventos que queremos que los visitantes puedan observar al detenerse frente a ellos, buscando un equilibrio entre una visita didáctica y divertida. Para esto es necesario un proceso de rediseño de las marcas situadas en las vitrinas, que permitirán identificar los contenidos disponibles en la aplicación, con el tamaño y forma adecuados para que no impidan observar los objetos de la forma apropiada. Además, hay que conseguir un buen rendimiento cuando estos son enfocados desde cualquier dispositivo móvil.

Para la elaboración de la aplicación se ha utilizado, sobre un ordenador con Windows 10, el IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) Unity, que es un motor para el desarrollo de aplicaciones (principalmente pensado para creación de videojuegos) disponible para Microsoft Windows, OS X y Linux, que también permite crear aplicaciones para diferentes plataformas, y que cuenta con un CAD 3D, una herramienta gráfica para el diseño 3D de las aplicaciones.

Para trabajar con Realidad Aumentada se precisa, junto con Unity, de un SDK (Kit de Desarrollo de Software) que nos dé la posibilidad de manejar elementos de Realidad Aumentada, y se ha hecho uso del SDK Vuforia, que es un conjunto de herramientas con el que desarrollar aplicaciones de Realidad Aumentada para dispositivos móviles. Este conjunto de herramientas ya va incorporado en Unity y emplea técnicas de reconocimiento y seguimiento de imágenes planas (targets) y objetos 3D simples a tiempo real, lo que permite a los desarrolladores poder posicionar y orientar diseños virtuales sobre imágenes del mundo real que se puede contemplar a través de la cámara de un dispositivo.

Además, trabajar con Unity requiere de otro entorno de desarrollo para compilar el código que va a dotar de lógica a las diferentes partes de la aplicación. Para realizar esto se ha empleado Visual Studio, ya que ambas tienen una buena integración y soportan el lenguaje utilizado para el desarrollo de la aplicación, C#, entre muchos otros.

Los dispositivos utilizados para el desarrollo han sido un Smartphone y una Tablet con una versión de Android superior a 7.0. Pero la aplicación está desarrollada para funcionar con cualquier dispositivo Android superior a 4.0, con la finalidad de abarcar el máximo número de

potenciales usuarios y que, de esta forma, la mayoría de los visitantes del museo puedan disfrutar de la experiencia.

Finalmente, para la validación de la herramienta, se ha pensado que la mejor manera de hacerlo será mediante la puesta en marcha de una serie de pruebas preliminares con una serie de pequeñas visitas al museo, donde se pruebe el correcto funcionamiento de la aplicación, y que nos permita obtener una gran cantidad de información, tanto objetiva como subjetiva, de los visitantes. Una vez obtenidos los resultados se organizarán para su análisis y valoración de si se han cumplido la serie de objetivos marcados y para establecer una línea de continuación para mejorar el trabajo en futuras revisiones y correcciones.

1.1 Objetivos

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- Investigación sobre el desarrollo de la Realidad Aumentada y sus implementaciones. Concretamente para el desarrollo de una aplicación en dispositivos móviles.
- Desarrollo para alcanzar una primera versión de una aplicación de Realidad Aumentada para el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra basada en un prototipo preliminar.
- Conseguir una primera versión de la aplicación lista para publicar en la tienda digital de Android, Google Play.
- Selección y desarrollo de contenidos, así como una correcta distribución de los mismos en el museo para que los visitantes gocen de una experiencia diferente, especial y didáctica.
- Mejora del diseño de las marcas distribuidas alrededor del museo para tener un mejor rendimiento y una imagen más uniforme.
- Realización de pruebas piloto donde los usuarios de prueba hagan una visita por el museo, utilizando la aplicación sin guiado.
- Análisis de resultados de la aplicación tanto internos, es decir, de los propios creadores de la aplicación, como externos, mediante con la realización de pruebas piloto que aporten la valoración de terceros acerca del funcionamiento de la aplicación.
- Valorar el estado de la versión final alcanzado y plantear posibles mejoras o correcciones.

1.2 Motivación

La motivación principal de este trabajo es el empleo de la Realidad Aumentada para enriquecer el mundo que estamos observando con información añadida virtualmente. Esta tecnología viene de lejos, pero antes estaba más dirigida a la investigación para descubrir hasta donde podía dar de sí. No ha sido hasta estos últimos años cuando se ha empezado a emplear con fines comerciales, y ya son numerosas empresas las que la emplean de una forma u otra para mejorar sus prestaciones, ya sea para presentar un nuevo producto de forma más atractiva, o como herramienta para la realización de otras actividades internas, o como un fin en sí mismo, como sería el caso de algunos videojuegos exitosos.

La expansión que ha sufrido la Realidad Aumentada se debe, en gran medida, a la gran mutabilidad que ofrece para integrarse positivamente con casi cualquier área. A diario vemos como, gracias a la apuesta de muchos desarrolladores actuales, se están generando nuevas aplicaciones rompedoras y cómo se está adaptando a nuevos usos que hasta ahora eran desconocidos. Esto también está ligado a la gran evolución que han sufrido los dispositivos móviles en los últimos años, ya que el desarrollo de este sector ha provocado que casi la mayoría

tengamos un Smartphone o Tablet con capacidad para procesar esta tecnología, así que es fácil llegar a todo el mundo.

Hay en ciertos campos en los que esta tecnología tiene mejor acogida que en otros, debido a su adaptabilidad y los beneficios que puede lograr. Por ejemplo, y como se va a explicar en los posteriores puntos de este trabajo, está el caso de los museos, donde las posibilidades son enormes para crear nuevos contenidos atractivos a partir de todo el material que ya poseen.

Entre los sectores donde se están implementando nuevas maneras de implementación de esta tecnología para mejorar sus procesos o prestaciones nos podemos encontrar los siguientes:

- **Entretenimiento:** En este campo principalmente podemos hablar de los videojuegos. Como ya se ha dicho, el sector de los dispositivos móviles ha crecido exponencialmente en los últimos años, la gran mayoría disponemos de un dispositivo capaz de poder procesar esta tecnología. Por tanto, han aparecido numerosos videojuegos que hacen uso de ella y que proponen una experiencia nueva al jugador, obligándole a interactuar con el mundo real en el que se encuentra. El ejemplo más famoso lo tenemos con *Pokemon Go*, aunque no ha sido el único.[1]
- **Marketing y publicidad:** Con la Realidad Aumentada los publicistas disponen ahora de una gran cantidad de posibilidades a la hora de crear nuevas campañas peculiares que llamen la atención de la gente. Tenemos el ejemplo de *Ikea*, que dispone de una aplicación de Realidad Aumentada con la que puedes ver cómo quedaría cierto objeto que tienen a la venta en tu casa, simplemente descargando su aplicación. [1]
- **Educación:** Está permitiendo una mayor accesibilidad por parte del alumnado a contenidos de interés por medio de la integración de vídeos, audios, objetos 3D, etc utilizados como apoyo para asimilar de forma más eficiente ciertos temas.

Por otro lado, también sirve para mejorar los conocimientos y las posibilidades de las que dispone el personal cualificado. [1]

- **Turismo:** Se está logrando enriquecer los viajes de los turistas por medio de la Realidad Aumentada. Visitar una ciudad que implementa esta tecnología en sus diversas zonas de interés, a través de integración con contenido sonoro o visual, permite al visitante disponer de mucha más información de manera poco tediosa, despertando su interés por aprender la cultura autóctona. Hoy en día es posible reconstruir, con mayor o menor precisión, monumentos históricos de la antigüedad, o completar edificios que están en ruinas aportando la información visual al usuario de cómo eran realmente, sin necesidad de que ellos tengan que imaginarlo. [1]

Y no hace falta ir a los puntos concretos de interés turístico, hay aplicaciones como *Wikitude Drive*, que hace uso del GPS de nuestro dispositivo móvil junto a la Realidad Aumentada para mejorar el servicio ofrecido a los usuarios. [1]

- **Industria:** El principal uso que se está dando a la Realidad Aumentada en este campo es el de la previsualización de construcciones y diseños antes de llevarlos a cabo en el mundo real.

Además de esto, ha aportado mejoras significativas a la hora de mejorar la productividad de ciertos flujos de trabajo. Se están desarrollando aplicaciones a nivel interno para que los trabajadores tengan información de diversos elementos, como tareas que llevan a cabo o sobre piezas deterioradas, que tienen que utilizar para ser más eficientes en su rol y mejorar el flujo de trabajo. Se muestra información 3D desde para reparar cierto componente hasta para saber cómo llevar a cabo cierta acción. [1]

Estas han sido solo algunas muestras de aplicaciones que ya se están llevando a cabo y que están revolucionando la visión de trabajo que hay en algunos sectores, pero hay más y, por supuesto, habrá más ya que todavía es una tecnología más o menos de nuevo desarrollo, por los

motivos explicados, y por el gran interés que despierta a la hora de hacer mejorar y crecer ciertos aspectos de negocios ya existentes.

Además, parece que puede aparecer la denominada *realidad distribuida*, que vendría a ser una mezcla entre la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada, dos tecnologías cuya evolución siempre ha estado ligada, y para lo que se antoja imprescindible la implementación del estándar 5G, que permitirá conectar más dispositivos y, aprovechando su baja latencia, se podrán crear comunidades más grandes de usuarios para mejorar experiencias. [2]

1.3 Plan de trabajo

Este trabajo se inició a mitad de octubre de 2018 estableciendo unos objetivos iniciales que queríamos llevar a cabo. Estos objetivos han ido sufriendo modificaciones con el paso del tiempo para adaptarse mejor a los problemas y necesidades que han ido surgiendo en la elaboración del proyecto. Desde un primer momento se tuvo en mente que la finalización sería en abril de 2019, estableciendo una duración de unos 5 meses para su resolución, incluyendo todas sus fases. La estrategia llevada a cabo en el proceso de planificación se realizó teniendo en mente que había que cumplir los objetivos descritos en el apartado anterior, con un cierto margen para los posibles obstáculos e inconvenientes que pudiesen modificar o poner trabas sobre lo previsto.

También establecimos una metodología de trabajo estable que consistía en reuniones semanales para evaluar el avance del proyecto. De este modo se iba viendo la evolución y los diferentes obstáculos encontrados cada poco tiempo, lo que nos permitía analizar la situación cada vez y plantear alternativas o posibles soluciones si algo no funcionaba como se esperaba. Esta forma de trabajo tiene la ventaja de tratar los problemas en el momento en que han surgido, sin dejarlos parados unas semanas, de forma que se consigue una mayor eficiencia en su resolución.

Las fases establecidas para el proyecto son las siguientes:

- Recopilación y análisis de información: como fase inicial del proyecto estuvo la búsqueda y recopilación de información acerca de temas relacionados con el trabajo. Sobre posibilidades en el desarrollo de la Realidad Aumentada. Las diferentes herramientas y lenguajes de programación utilizados, la forma de implementarse. Además de la lectura del Trabajo Fin De Grado previo del inicio del desarrollo la aplicación.
- Análisis del proyecto: reuniones llevadas a cabo con los tutores responsables del proyecto en el que se mostró el trabajo previo, se establecieron los objetivos a cubrir, lo que había que mejorar del trabajo realizado anteriormente y la evolución que debía seguir la aplicación.
- Aprendizaje de las herramientas: proceso en el que se estudiaron las herramientas necesarias para la elaboración del proyecto, ya que no se tenía conocimiento previo de las mismas.
 - Estudio de Unity y su integración con Visual Studio.
 - Estudio de la integración del SDK Vuforia junto a Unity.
 - Estudio con lenguaje de programación C#. Lenguaje usado para la elaboración de los Scripts que dotan de lógica a los diferentes elementos de la aplicación. Estos son compilados utilizando Visual Studio.
 - Adaptación y práctica al primer desarrollo de la aplicación.
- Desarrollo de la aplicación: proceso llevado a cabo para corregir y evolucionar la aplicación.
 - Correcciones y rediseño sobre elementos realizados en el trabajo previo.
 - Desarrollo de evolutivos.

- Test a usuarios: la selección de los sujetos de prueba, la elaboración del documento del que se espera obtener información tanto del funcionamiento y rendimiento de la aplicación como de la experiencia vivida por las personas que realizan la prueba y el análisis de los resultados.
- Desarrollo de la memoria: tiempo dedicado a la elaboración de este documento. Donde se incluye desde la búsqueda y recopilación de información para desarrollar determinados apartados, como la redacción de las distintas fases por las que ha ido pasando el proyecto.
- Preparar presentación y exposición: tiempo dedicado a la elaboración de una presentación del trabajo y a la preparación de su exposición.

Gantt

Tabla 1. Plan de proyecto

Nombre actividad	Fecha inicio	Duración en días	Fecha fin
Recopilación y análisis de información	10-oct	20	30-oct
Análisis del proyecto	15-oct	15	30-oct
Aprendizaje de las herramientas	16-oct	20	05-nov
Desarrollo de la aplicación	24-oct	140	13-mar
Test a usuarios	31-ene	40	12-mar
Desarrollo de la memoria	31-ene	60	01-abr
Preparar presentación y exposición	26-mar	10	05-abr

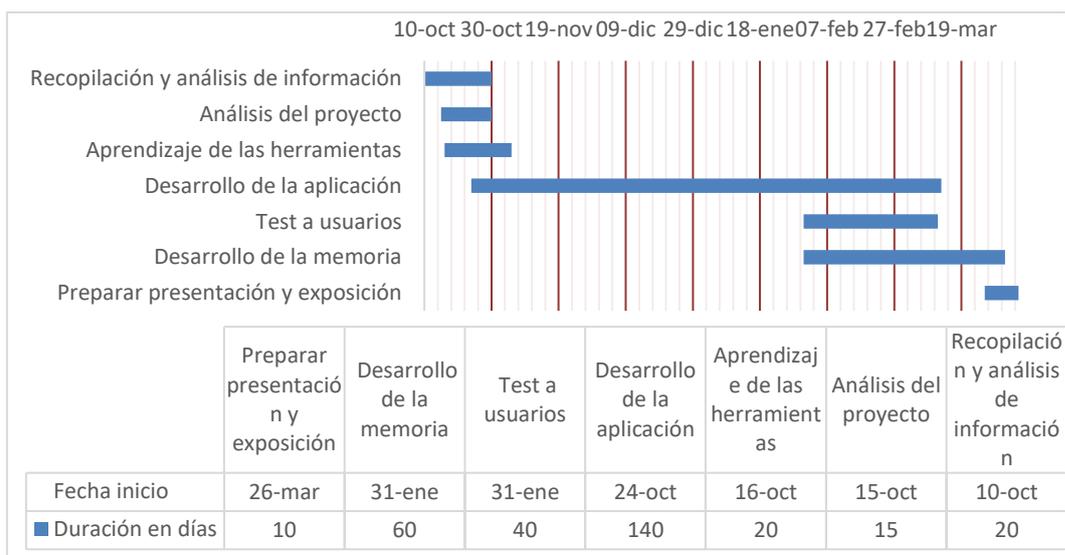


Figura 1. Diagrama de Gantt

Capítulo 2. Estado del arte

2.1 Museos y nuevas tecnologías

Por lo visto en los últimos años se podría decir que los museos son un claro ejemplo de cómo adaptarse a las nuevas tecnologías y conseguir sacarles partido para captar nuevos visitantes.

Según indicó el Anuario de Cultura Digital a fecha de 2015, el 83,3% de éstos ya han realizado algún tipo de acercamiento a las nuevas tecnologías en mayor o menor medida, con acciones que van desde la creación de aplicaciones móviles para enriquecer la experiencia de visita, hasta la simple presencia en las redes sociales. [3] [4]

Entre las tecnologías que más destacan podemos encontrar aplicaciones que sustituyen a las clásicas audio guías, donde se incorporan audios, videos e información sobre las obras y exposiciones, además de diferentes maneras de interactuar con las obras, como la Realidad Aumentada o Virtual. No obstante, las pinacotecas también usan los nuevos avances técnicos para recopilar información. Un ejemplo de esto sería el uso de sistemas para saber qué muestras gustan más a sus invitados y actuar en consecuencia, estos van desde el reconocimiento facial hasta el uso de sensores de onda corta (beacons). [3] [4]

En un primer momento, con la evolución de la tecnología, la prioridad para la mayoría de los museos fue la completa digitalización de colecciones, la catalogación y documentación de estas empleando bases de datos documentales garantizando el acceso a los profesionales del museo y especialistas que analizan las colecciones que hay en ellos. Una vez se ha recorrido el camino en este aspecto, se ha abierto un abanico de posibilidades en el empleo de la tecnología para incrementar las posibilidades de aprendizaje y poder deleitarse con las exposiciones. [3] [4]

2.1.1 Realidad Aumentada y Realidad Virtual

La Realidad Aumentada (AR) es una tecnología que permite que los entornos se enriquezcan de nuevas formas combinando el mundo real con el virtual, incorpora datos generados por ordenador como imágenes, sonido, vídeos, superposiciones de GPS, o diversos objetos en la realidad que estamos viendo a través de una cámara, creando un interfaz nuevo basado en el mundo real. Mediante el uso de la visión artificial y el reconocimiento de objetos, la información digital sobre el mundo real que nos rodea no solo puede verse, sino también manipularse en tiempo real. [9]

Mientras que la Realidad Aumentada mejora el mundo real con contenido digital, la Realidad Virtual (VR) reemplaza completamente al mundo real por uno virtual, creando un entorno digital completamente nuevo para que los usuarios lo exploren. [9]

La realidad virtual es un medio interactivo y envolvente que se puede utilizar para crear experiencias únicas que son inalcanzables de otra forma. Tiene el poder de transformar juegos, películas y otras formas de medios. El sistema utiliza el seguimiento de posición y responde a los movimientos del usuario, los sentidos se engañan temporalmente al creer que el ambiente artificial es real. El objetivo de una verdadera experiencia de Realidad Virtual es crear presencia: la sensación de estar físicamente en otro lugar, de estar en otra realidad. [8] [9]

En 2007, MIT reconoció la Realidad Aumentada como una de las diez tecnologías emergentes, informando que este tipo de interacción persona-computadora va a tener una gran repercusión próximamente. [9]

Cuando se daban los primeros pasos en estas dos tecnologías, aún no se habían acuñado los términos por los que hoy en día las conocemos, el desarrollo de ambas ha estado estrechamente ligado. Se cree que la primera idea de Realidad Aumentada surge en una novela de Frank L. Baum

“The Master Key”, escrita en 1901 en la que menciona un conjunto de lentes electrónicas que proporcionan datos de las personas, superponiendo en tiempo real información sobre las personas, al que denomina “marcador de carácter”. [8] [9]

El primer caso del que hay constancia sobre conseguir agregar datos adicionales a una experiencia rutinaria lo encontramos en 1957, cuando el director de fotografía Morton Helig inventó una máquina “Sensorama” (Véase *Ilustración 1*) en la cual la gente se sentaba a contemplar imágenes, vibraciones, sonidos y olores. Las imágenes que se recreaban eran las de un viaje en bicicleta por las calles de Brooklyn, donde la máquina iba aportando los diferentes estímulos sensoriales al usuario. [8] [9]

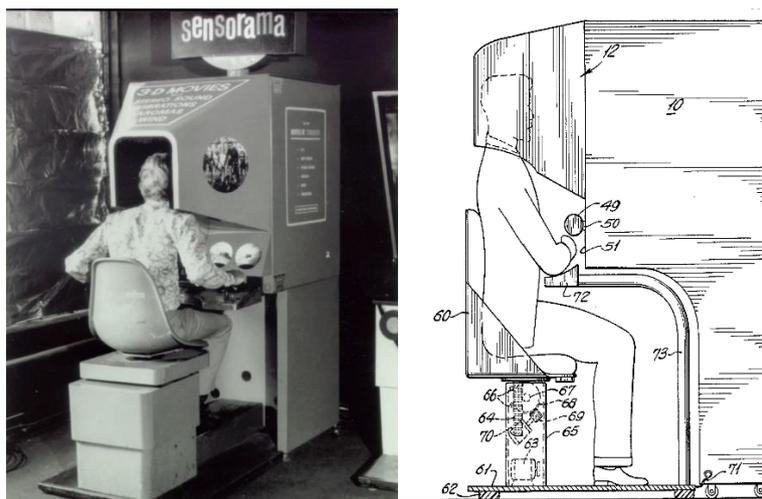


Ilustración 1. Imagen de "Sensorama"

Ha habido más ejemplos, a lo largo del siglo XX, de experimentación sobre añadir estímulos externos a la realidad que se está contemplando, lo que serían unas aproximaciones a lo que más tarde se llamaría Realidad Aumentada. No fue hasta 1990 cuando el investigador de *Boeing*, Thomas P. Caudell asignó el término. [8] [9]

El primer sistema AR (Augmented Reality) fue el desarrollado por Louis Rosenberg en 1992 y consistía en un sistema robótico diseñado para compensar la falta de potencia de procesamiento gráfico 3D a alta velocidad. Permitía la superposición de información sensorial en un espacio de trabajo para mejorar la productividad humana. [8] [9]

Ya es a partir del año 2000 cuando aparece el primer conjunto de librerías Open Source, *ARToolKit*, que favorecerá su desarrollo en los años venideros. En Alemania tuvo lugar su primera aplicación comercial en el año 2008, una revista digital de un modelo de coche de la marca *BMW*. El usuario podía manipular el automóvil que aparece en la pantalla, moviéndolo para observar sus diferentes zonas y piezas desde diferentes posiciones. A partir de este momento aparecieron más aplicaciones comerciales, como las famosas gafas *Google Glass* que salieron en versión beta en el año 2015, las *HoloLens* de Microsoft o el famoso éxito del videojuego para dispositivos móviles *Pokemon Go*, que llegó a alcanzar en verano de 2016 casi 46 millones de usuarios. [8] [9]

La Realidad Aumentada y la Realidad Virtual se han abierto paso en las diferentes galerías españolas. En el Museo Arqueológico Nacional está “Vivir en...” que mediante la Realidad Virtual nos introduce en las calles de 6 épocas diferentes de la historia de España, de manera que podemos sentirnos parte de ella. En cuanto a la Realidad Aumentada, que es lo que más nos atañe en este documento, se puede ver un ejemplo en “Crononautas” del Museo Thyssen-Bornemisza, es un juego de Realidad Aumentada donde el jugador se mete de lleno en una aventura a través del museo enlazando elementos de arte, geografía, historia y literatura. [5]

Basándonos en la opinión de múltiples expertos, la Realidad Aumentada podría erigirse como uno de los verdaderos revulsivos de las futuras visitas a los diferentes puntos culturales. La

ventaja que tiene la Realidad Aumentada respecto a la Realidad Virtual estaría en que es una tecnología que puede ser empleada con la mayoría de los teléfonos y tablets que hay en la actualidad, mientras que la realidad virtual está todavía en fase inicial y requiere un mayor desembolso. [6]

La Realidad Aumentada aporta muchas posibilidades en este campo. Puede utilizarse para ver un cuadro y conocer su técnica, para representar al artista en el momento en que lo dibujó o para recrear escenas de acontecimientos pasados como se hace en el Museo de Anna Frank en Amsterdam, donde la Realidad Aumentada permite representar hechos pasados en los lugares que puede observar el visitante superponiendo fotos históricas sobre el espacio actual. [6]

Sin embargo, donde parece tener más potencial en la actualidad es en las ruinas y yacimientos arqueológicos ya que ruinas icónicas de antiguas civilizaciones, como podría ser el Coliseo romano por citar alguno, adquirirían un gran atractivo para el turismo. [6]

De la misma forma que se ha hablado del potencial de la Realidad Aumentada, tampoco hay que obviar sus limitaciones técnicas, pues las figuras diseñadas en 3D distan en gran medida de la realidad de manera que, a priori, puede hacerle perder parte de su interés. La mejora del diseño 3D de estas, colores, texturas y formas hará incrementar sus costes y precisará de un importante desarrollo en los dispositivos para que estos sean capaces de soportar sus avances. No obstante, un buen diseño puede gustar a mucha gente por más que presente diferencias claras con la realidad. [6]

El mayor inconveniente se encuentra en los errores producidos tratando de superponer los diseños desarrollados en el lugar exacto donde deben estar a la hora de mantenerlos e ir moviéndonos con la cámara para cambiar la perspectiva desde la que observamos la imagen. Se necesita reconocer de manera precisa el lugar exacto sobre el que se van a reproducir las imágenes, reconocer dónde se encuentra la propia cámara y detectar los movimientos que se van produciendo. Esto, depende de la tecnología empleada puede ser más complicado, por ejemplo, utilizando GPS es complicado ya que tiene cierto margen de error, y más difícil aun en espacios interiores. [6]

2.2 Herramientas de desarrollo

Para generar un contexto donde utilizar la Realidad Aumentada se precisa de una serie de elementos. Cómo es lógico es imprescindible un dispositivo con cámara con la que enfocar cualquier punto del mundo real y este debe tener la potencia requerida para procesar las imágenes, generalmente Smartphones o Tablets ya que son fácilmente desplazables.

En lo referente al software se abre un amplio abanico de posibilidades, ya que hay muchas herramientas que permiten realizar aplicaciones de Realidad Aumentada. En este trabajo se va a comparar diferentes frameworks que son destinados a usuarios más avanzados, es decir, que requiere tener un conocimiento más profundo de temas técnicos para saber manejarlos correctamente.

Se va a hablar de Vuforia, que es una de las herramientas más extendidas para la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada en los últimos años, de *ARKit* y de *ARCore* como alternativas más modernas lanzadas por Apple y Google, respectivamente.

Vuforia permite reconocer y rastrear imágenes planas y objetos 3D simples en tiempo real. Esto permite diseñar objetos que puedan ser superpuestos sobre imágenes del mundo real cuando se ve a través de un dispositivo móvil. Además, tiene la característica de hacer seguimiento a la orientación y posición del dispositivo para ir adaptando la imagen a tiempo real, dependiendo de la perspectiva del usuario que está contemplando el objeto, para que dicho objeto se corresponda con la perspectiva del objetivo real. Además, nos da la capacidad de crear y reconfigurar el comportamiento de los diferentes objetivos mediante su programación en tiempo de ejecución, es decir, podemos disparar un evento en cuanto se detecte cierta imagen, esperar a cierta acción del

usuario o simplemente que el evento vaya siendo modificado por acciones que toma el usuario. Esto es posible gracias a que proporciona APIs en C++, Java, Objective-C++, y los lenguajes .NET a través de una extensión proporcionada por Unity, plataforma de desarrollo que soporta la compilación para diferentes tipos de plataformas y que, a pesar está diseñada para la creación de videojuegos, permite la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada. [10][12][13]

Este SDK además es compatible con el desarrollo para iOS y Android. Por lo que las aplicaciones diseñadas con Vuforia son compatibles para una gran variedad de dispositivos móviles. En noviembre de 2015 fue comprada por PTC Inc. [10][12][13]

Por otra parte, tenemos ARKit y ARCore que utilizan SLAM (Simultaneous Location And Mapping) que da la posibilidad, a un dispositivo con el hardware suficiente, de calcular de manera precisa y en tiempo real el lugar en el que se encuentra el dispositivo en un determinado espacio, con respecto a todos los objetos físicos que tiene a su alrededor (techo, suelo, muebles, etc). Toda esta información es importante para poder desarrollar nuestra propia experiencia sobre el entorno que nos rodea. Es decir, apoyándonos en esto, añadimos nuestros objetos visuales (vídeos, imágenes, objetos 3D, animaciones...), lo que aportará una mejor experiencia al usuario, ya que estos encajarán mejor y estarán más fijos. [10][11][12][13]

El alcance de estas dos tecnologías, sin embargo, es limitado debido al poder de procesamiento que requieren. Sólo una estrecha gama de dispositivos las soporta, estos serían los siguientes para cada uno de ellos. [11]

ARCore:

- Dispositivos que hayan salido, originalmente, con Android 7.0 o superior. Esto es un requisito necesario, pero no suficiente, no quiere decir que todos los que lo cumplen lo soporten.
- Dispositivos con iOS 11 o superior y con procesador A9 y al menos una cámara iSight de 8MP. Es decir, a partir del iPhone 6S y del iPad (5th Generation).

ARKit:

- Dispositivos con iOS 11 o superior y con procesador A9 y al menos una cámara iSight de 8MP. Es decir, a partir del iPhone 6S y del iPad (5th Generation).

Una vez visto esto podría parecer que tanto ARKit como ARCore son mejores elecciones, pero Vuforia tiene una serie de ventajas a tener en cuenta y, en función de los objetivos que busque un desarrollo, puede hacer caer la balanza de su lado.

La primera ventaja es que utilizando Vuforia la aplicación puede llegar a un número mucho más amplio de dispositivos que con las otras dos, la razón es que permite desarrollar tanto para Android como para iOS, mientras que ARKit sólo permite crear para iOS. Además, ARCore y ARKit están disponibles para un reducido número de dispositivos de cada sistema operativo debido a sus restricciones de hardware, ya que requieren una gran capacidad de procesamiento.

Vuforia por su parte funciona con dispositivos antiguos, y empleará las tecnologías ARCore/ARKit en los dispositivos que sean compatibles.

Otra cosa para tener en cuenta es que Vuforia ya tiene una comunidad más grande debido al tiempo que lleva implementándose, por lo que se puede encontrar mucha más documentación.

Por lo visto, hay que tener claro los objetivos y el contexto antes de crear una aplicación para ver qué necesidades hay que cubrir y elegir bien una herramienta u otra, de esta forma puede ser interesante utilizar Vuforia, a pesar de ser menos estable que las otras a la hora de construir las aplicaciones.

Capítulo 3. Desarrollo de la aplicación

3.1 Estado de la aplicación

El punto de partida de este proyecto fue recoger la idea y el inicio del desarrollo que llevó a cabo el TFG “REALIDAD AUMENTADA PARA LA MEJORA DE LA VISITA AL MUSEO DE LA TELECOMUNICACIÓN” del Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, para convertirla en una nueva aplicación que pueda publicarse y ser probada por diferentes usuarios de prueba para recoger sus opiniones.

Partimos por tanto de que había que pulir las ideas que habían comenzado a llevarse a cabo para después incluir nuevos contenidos que dotasen de más entidad al proyecto. Inicialmente se abordaron 9 objetos del museo, en los que se pondrían unas marcas que al ser enfocadas por nuestro dispositivo móvil desencadenarían la presentación de un vídeo o un audio sobre el objeto. Además de esto, había uno (póster de Lenna) que, al ser enfocado, sin necesidad de marcas, mostraría algunas opciones para poder superponer una imagen con la cara de Lenna modificada sobre la cara original. Las cuales podemos ver en la *ilustración 3*.

El trabajo heredado estaba dividido en 3 escenas (*Opening*, Menú principal, Cámara de Realidad Aumentada). El *Opening* consiste en una imagen de bienvenida que se muestra durante 5 segundos al arrancar la aplicación.



Ilustración 2. Pantalla de carga antigua de la aplicación

Este *Opening* daba paso a la escena del Menú principal, que incluía los botones al resto de funcionalidades de la aplicación, aunque únicamente estaba operativo el botón que nos lleva a la última escena que se hizo, la cámara de Realidad Aumentada. Las funcionalidades pensadas para la aplicación, que se pueden ver en la *ilustración 2*, son las siguientes:

- La **cámara de AR**, la principal funcionalidad y motivo de puesta en marcha del proyecto. Se trata de la escena que cargará la cámara de Realidad Aumentada, desde la que enfocaremos las diferentes marcas distribuidas por el museo para ir desplegando los diferentes eventos preparados.
- **Actividades**, el museo pone a disposición de los visitantes una serie de actividades didácticas que completan y enriquecen la experiencia.
- **Museo** estaba pensado, en un primer momento, para enlazar directamente con la web del museo. Esto finalmente se ha llevado a cabo de otra forma como se verá en el siguiente apartado.

- **Información** acerca de la finalidad de la aplicación y sus creadores.

La escena de Realidad Aumentada estaba formada por 10 objetos y había 3 tipos de comportamiento diferente: vídeo, audio e imagen superpuesta. Los objetos que tenían vídeo que aparecía encima de ellos al ser enfocados eran los siguientes:

- **Receptor de TV B/N Philips** donde se muestra un fragmento de vídeo del programa televisivo *Un, dos, tres... responde otra vez*. Se trata de un televisor de los años 60 comercializado por el fabricante Philips.
- **Fonógrafo:** donde se muestra un vídeo de su funcionamiento. Un fonógrafo es un dispositivo dotado de un sistema que permite registrar y reproducir sonido de manera mecánica.
- **Gramófono portátil Ica-fono:** donde se muestra un vídeo de su funcionamiento. Se trata del primer aparato de grabación y reproducción de sonido que usaba un disco plano. Se diferencia del fonógrafo por esto, ya que el fonógrafo utilizaba un cilindro.
- **Tocadiscos Picú estéreo:** donde se muestra un vídeo de su funcionamiento. Se trata de otro dispositivo capaz de reproducir sonido del tipo electromecánico analógico, sucesor del gramófono. Este nombre proviene de un anglicismo que hacía referencia al hecho que el tocadiscos era portátil o pick-up
- **Telégrafo (Manipulador morse):** donde se muestra un vídeo de Sebastián Olivé, telegrafista y primer presidente de la Asociación de Amigos del Telégrafo de España, manejando el telégrafo. Un telégrafo es un sistema de comunicación que permite la transmisión de información por medio de impulsos eléctricos y utilizando un código de signos preestablecido. Estas comunicaciones se realizaban en lenguaje morse y hoy en día forman parte del legado histórico y cultural de la telecomunicación.
- **Magnetófono Akai:** donde se muestra un vídeo de su funcionamiento. El magnetófono es un equipo que funciona con cintas magnéticas para grabar y reproducir sonido. Los hay de varios tipos, los de bobina abierta, los de casete o los de cartucho.

Otros 3 disparaban un audio:

- **Teléfono de sobremesa de disco:** Audio del sonido del teléfono al recibir una llamada. Para marcar el dial correspondiente en estos teléfonos había que hacer girar una pieza de mineral de baquelita con marcas para cada número. Dependiendo de la longitud del giro se marcaba un número u otro.
- **Receptor de galena Radio Ibérica:** Audio de como sonaba originalmente una canción en la radio. Original de los años 20.
- **Estación radiotelegráfica y radiotelefónica Marconi:** Audio de código morse que dice "Bienvenidos al museo". Las estaciones radiotelegráficas se empleaban para transmitir señales telegráficas a través de señales de radio. El procesado tenía lugar en estaciones encargadas de convertir la señal de radio y generar el mensaje morse.

Por último, estaba la imagen de **Lenna**, la fotografía de Miss noviembre de 1972 de la revista Playboy, que al ser enfocada aparecían 3 botones que superponían la parte de la cara de la Lenna original por imágenes de su cara modificada en diferentes estilos (blanco y negro, negativo o cartoon). Esta imagen goza de gran popularidad en el mundo del tratamiento digital de la imagen

desde que fue empleada por unos investigadores californianos cuando buscaban una imagen con la que probar algoritmos de procesado de imagen.



Ilustración 3. Imágenes de Lenna

Estos contenidos que se han detallado necesitaban ser pulidos, ya que el trabajo previo fue concebido como una investigación de las herramientas y sobre cómo desarrollar con ellas para ver su potencial, es decir, se partía de cero y sin conocimiento previo en la materia que nos ocupa y se quería hacer una prueba de concepto. Mientras que en este trabajo se trata de poner en marcha la aplicación y lanzar una versión 1.0 para que los visitantes del museo puedan utilizarla.



Ilustración 4. Ejemplo de marca antigua

En el trabajo anterior, se consiguió crear escenas de Realidad Aumentada y trabajar las marcas de detección y el seguimiento de imágenes para disparar eventos, pero tenía problemas para hacerla funcional y que la gente la pudiese tener instalada. Como, por ejemplo, la detección irregular de las marcas, estas eran de gran tamaño (Ver *Ilustración 4*) y aun así fallaba su detección o confundía unas con otras. La parte de la creación de marcas es una de las partes más costosas del trabajo y ha sido todo un reto afrontarlo, ya que se quería que fuesen bastante uniformes, y con solo pequeños cambios, como si se tratase de un código de detección QR. Este tema se abordará más adelante en el apartado del desarrollo realizado.

Por otra parte, los vídeos necesitaban mejorarse: tenían unas bandas negras que empobrecían la experiencia que se pretendía obtener, ocupaban un gran tamaño, lo que hace que el peso de la aplicación se dispare, ya que todos los contenidos se almacenan en la aplicación. Y, por último, en algunos vídeos no se escuchaba el audio, únicamente se visualizaban.

Los objetos con audio asociado funcionaban sin problemas, pero faltaba una marca que indicase que dicho audio se estaba reproduciendo. Ya que puede crear confusión si el dispositivo de un usuario no tiene un volumen muy alto de altavoces y tiene ruido a su alrededor. Esto no es un gran problema, ya que al principio de la aplicación se indica que es recomendable utilizar auriculares, pero se propuso como una posible mejora.

Por último, estaba la imagen de Lenna, algo llamativo y que se superpone a la perfección. El problema en este caso era la lógica en el funcionamiento de los botones, lo cual dificultaba el uso por no ser intuitivo.

3.2 Herramientas de desarrollo

Las herramientas de desarrollo fueron elegidas previamente, pasamos a indicar cuales fueron los motivos de su elección.

Se decidió utilizar Unity junto al SDK Vuforia para el empleo de la Realidad Aumentada. Unity es un IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) para la creación de videojuegos y aplicaciones multiplataforma que se integra muy bien con diferentes kits de desarrollo de software de Realidad Aumentada. De hecho, es la herramienta más utilizada para el desarrollo de esta tecnología, tanto para el aprendizaje como en un entorno empresarial. Además, es una herramienta sólida al llevar muchos años en funcionamiento y tiene una amplia comunidad detrás con la que poder resolver dudas.

Unity tiene una versión gratuita, denominada “Personal” ideal para ser usada por principiantes para plantear pequeños proyectos que no superen los 100.000\$ al año. Utilizando esta versión gratuita los creadores son dueños absolutos del contenido que están elaborando, únicamente aparecerá un *Splash screen* en la aplicación con el logo de Unity.

La otra razón de peso para elegir Unity, además de su buena integración y su potencial, fue la de ser multiplataforma, ya que en un futuro se tiene en mente desarrollar también la aplicación para dispositivos con el sistema operativo iOS, y utilizando Unity el proceso de pasar una aplicación ya creada para Android a otra para iOS no es tan complicado como lo sería empleando otra herramienta.

Como se ha indicado en el apartado anterior, se optó por Vuforia como software de Realidad Aumentada por su facilidad de instalación, ya que va incluida en la propia instalación de Unity, que ya viene con un proyecto de prueba cargado, *Samples*, para poder probar sin dificultad todas las opciones/posibilidades que ofrece la herramienta. Por otra parte, consta de diferentes versiones, de las cuales se ha utilizado la de *desarrollador*, lo que hace que aparezca una marca de agua al cargar la *cámara de Realidad Aumentada* en la aplicación. Vuforia, al igual que Unity, también tiene un gran uso por parte de la comunidad a lo largo de estos años, por lo que ofrece la posibilidad de encontrar foros, guías prácticas y documentación sobre la que apoyarse a la hora de realizar un proyecto.

Para compilar el código que dota de lógica a los diferentes elementos del proyecto se ha utilizado Visual Studio, debido a que se ha hecho uso del lenguaje C# y se complementa a la perfección con Unity. Teniendo la opción de entrar en modo *debug* cuando se ejecuta la aplicación en el dispositivo, lo cual es indispensable en el desarrollo de cualquier aplicación para ver las cosas con mayor claridad y no dar palos de ciego. El mismo IDE al seleccionar la opción de *debug* ya te da la opción de asociar el depurador a Unity.

3.3 Desarrollo realizado.

3.3.1 Primeros pasos y correcciones

Las primeras semanas en las que aterricé en el proyecto fueron de familiarización con la aplicación y las herramientas que utilizar. Al no haber trabajado nunca con un IDE como Unity, por la estructura que siguen sus aplicaciones, tuve que aprender la organización de los distintos elementos, lo que ya se había hecho anteriormente y las posibilidades que ofrecía. Por otra parte, en las primeras reuniones con los tutores responsables del proyecto se me proporcionó la documentación del trabajo previo y se estableció un plan de proyecto aproximado, con las ideas que ellos tenían acerca del contenido que añadir y las cosas que sería conveniente solucionar. Conforme fui encontrándome más cómodo en mi adaptación a la aplicación, pusimos ideas en común y se terminó de perfilar la hoja de ruta que seguiríamos, abierta a nuevas ideas y cambios, que pudiesen mejorar lo acordado que pudiesen surgir sobre la marcha.

Lo primero fue la descarga de Unity y el aprendizaje de la herramienta. Un proyecto de Unity se organiza en *escenas*, las cuales se pueden ir conectando entre ellas para ir saltando de una a otra dependiendo de las funcionalidades que queremos que tenga nuestra aplicación, son independientes entre sí. Por ejemplo, se puede disponer de un menú en una escena cuyos botones nos lleven a otra diferente que muestre otro tipo de información.

En cada escena se añaden los llamados *GameObjects*, *Ilustración 5*, que es como se conoce a los objetos fundamentales de Unity. Un *GameObject* es desde un objeto visual que podemos ver en la aplicación, hasta luces, efectos o cámaras. Cada objeto tiene una serie de propiedades que le permite ser lo que es, estas propiedades se denominan *components*. Los objetos requieren diferentes combinaciones de componentes para llegar a realizar la funcionalidad deseada.

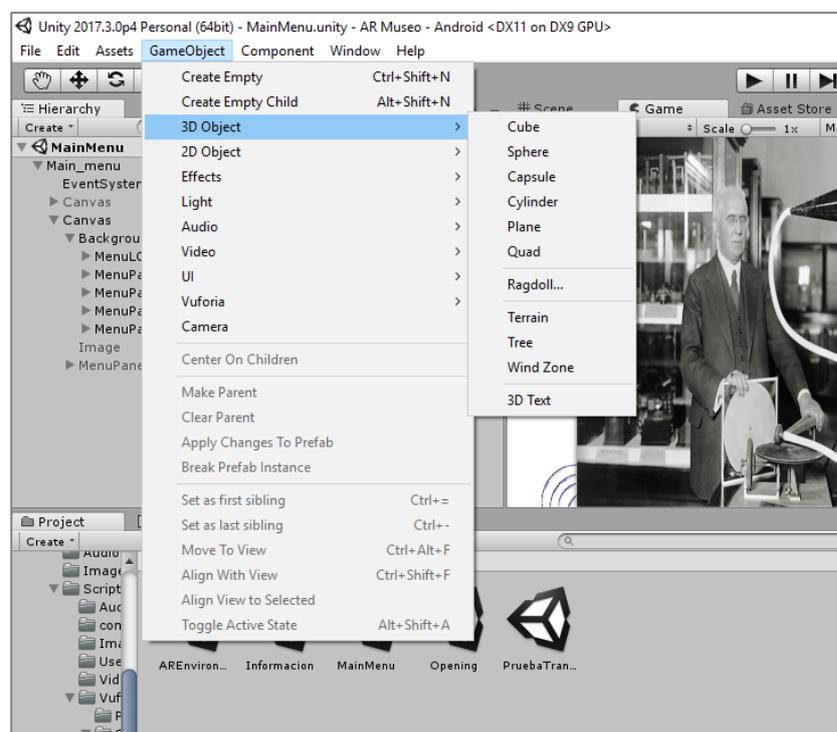


Ilustración 5. Tipos de *Game Objects* en Unity

Un *GameObject* tiene siempre la propiedad *Transform* con la que se le indica la posición y orientación que debe tener en el espacio. Además, hay otros componentes que se pueden ir agregando desde el menú *Inspector* del objeto: desde diversos elementos de diseño gráfico del objeto, hasta *Scripts*, utilizando la *Unity Scripting API* con el que dotarle de lógica. Lo común es que haya más de un objeto, y que cada objeto tenga asociados múltiples componentes, compatibles entre sí que vayan dándole forma y funcionalidad a la escena.

Unity ofrece diferentes *GameObjects* preconstruidos (diferentes formas primitivas 3D y 2D, cámara, diferentes elementos gráficos como un botón o texto...) sobre los que se puede seguir añadiendo propiedades. Además de los componentes que aparecen por defecto, permite crear nuestros propios componentes para la finalidad buscada, lo más común es la creación de nuevos *Scripts*, materiales o *shaders* para dar forma a los objetos.

Cada nueva escena creada incorpora dos *GameObject* por defecto, la *Main Camera* y el *Directional Light*. En nuestras escenas se eliminan estos dos elementos y se ponen los que necesitamos, en el *gameObject* apropiado se incorporarán el/los *Scripts* que aporte/n las funcionalidades básicas a la escena, como puede desde el salto a otras escenas al pulsar un botón, ir a la escena anterior pulsando los botones nativos del dispositivo hasta acciones tan complejas como requiera el objetivo perseguido.

En el nuestro caso se crearon los archivos *Opening.cs* (para la escena *Opening*) y *Menu.cs* (para la escena *mainMenu*) utilizando Visual Studio y el lenguaje de programación C#, los cuales se han tenido que modificar posteriormente para ir añadiendo nuevas funciones. El primero de ellos es simple, pues sólo controla el *delay* que hay que aplicar durante el que se mostrará la pantalla de carga. El otro contiene la información de las funcionalidades del menú. Cada *GameObject* añadido puede contener sus propios *Scripts* (uno o más de uno) para modificar su comportamiento.

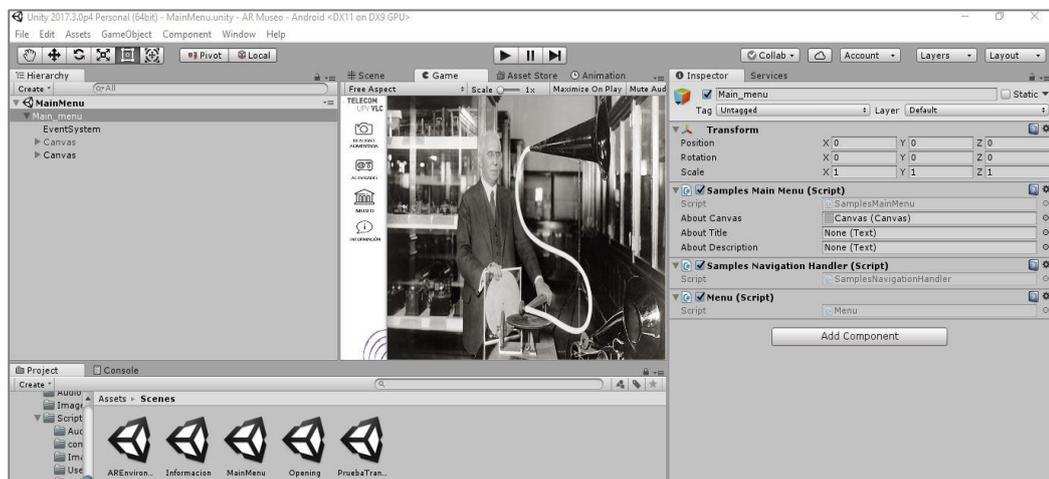


Ilustración 6. Escena "Menú" en Unity

Al tener integradas las librerías de Vuforia en su instalación, se dispone de un proyecto de prueba de Realidad Aumentada denominado "*Samples*", con el que poder comenzar a trabajar y analizar las diferentes opciones de detección.

Esta opción que nos da es de mucha utilidad para aprender y adaptarse a los conceptos de la Realidad Aumentada y los diferentes tipos de *GameObjects* que aporta Vuforia, y la manera en la que se realiza la detección.

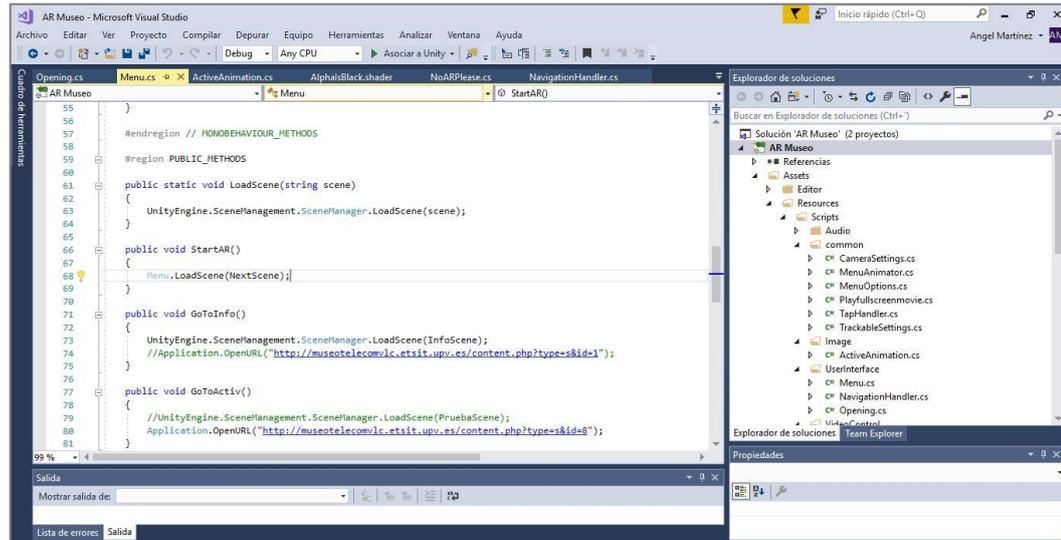


Ilustración 7. Muestra archivo "Menu.cs" en Visual Studio

Una aplicación realizada con Vuforia consta de los siguientes elementos:

- **Cámara AR:** Se encarga de captar las imágenes para que puedan ser procesadas al momento.
- **Targets:** Imágenes objetivo que se almacenan en la base de datos. Estas imágenes serán usadas por el *Tracker* de Vuforia para reconocer el objeto en cuestión en el mundo real cuando lo enfoquemos con la cámara del dispositivo. Estos se crean en Unity como *GameObjects* y pueden ser de diferentes tipos, como:
 - *ImageTargets:* Son imágenes que la tecnología de Vuforia puede detectar y rastrear. Estas marcas funcionan de manera diferente a otras que son conocidas, como los QR. La imagen debe ser compleja y rica en detalles y los patrones no deben ser repetitivos. Este es el tipo de marcas que se han usado en el proyecto, ya que son las que mejor se ajustaban a las necesidades y recursos de los cuales disponemos. Estas se deben subir a la plataforma desarrollo de Vuforia, para crear la base de datos, en formato jpg o png, sin superar los 2MB.
 - *MultiTarget:* Emplean más de un *ImageTarget* organizados en formas geométricas regulares o en una disposición arbitraria de superficies planas.
 - *Vumark:* Es un nuevo tipo de marcas personalizables, que funcionan de manera similar a los *ImageTarget*. Cada *Vumark* para un proyecto sería muy parecido, pero con un ID en forma de matriz de cuadros que codifica datos, ya sea en forma de URL o de número identificativo de un producto. La principal diferencia que presentan respecto a los *ImageTarget* es que los *Vumark* pueden crear una imagen idéntica para muchos objetos basándose en el ID de cada imagen. Lo que permite unificar y establecer un logo concreto para una empresa. Otra diferencia es que presentan el formato vectorial SVG (Scalable Vector Graphics), menos conocido que los mencionados anteriormente, y por tanto más complejos de tratar, que destacan por su flexibilidad y capacidad para trabajar con gráficos con buena calidad. Ver *Ilustración 8*.

Por otra parte, el proceso de creación de un *Vumark* es más complejo que el de un *ImageTarget*, pues que tener en cuenta muchos elementos a la hora de diseñarlo, lo que requiere de conocimientos más avanzados de diseño y el empleo de *Software* específico para su creación, concretamente, se recomienda utilizar Adobe Illustrator (para diseñar los *Vumarks*) junto a Vumark Designer.



Ilustración 8. ImageTarget vs Vumark

Hay otros tipos de imágenes objetivo de las que podríamos hablar, pero estas han sido las trabajadas en el proyecto y sirven de base para explicar el funcionamiento de Vuforia, permitiendo conocer más sobre cómo se llevan a cabo aplicaciones sobre Realidad Aumentada.

- **Base de datos:** La base de datos de imágenes objetivo que tendrá el dispositivo que vaya a utilizarse. Esta se crea en el *Developer portal* de Vuforia, accediendo al *Target Manager* desde donde podemos subir nuestras imágenes, creadas previamente, en formato JPG o PNG, la plataforma nos indicará, con un sistema de puntuación por estrellas, como se puede apreciar en la *ilustración 10*, si la imagen cumple con las características exigidas para tener una buena detección. Este sistema de calificación por estrellas es muy importante, ya que será lo que en última instancia nos indica si la imagen que se ha generado para que sirva de target para la aplicación tiene una buena calidad para su detección. Si no la tiene deberíamos generar una nueva repasando las condiciones que nos aseguran tener una buena calidad.

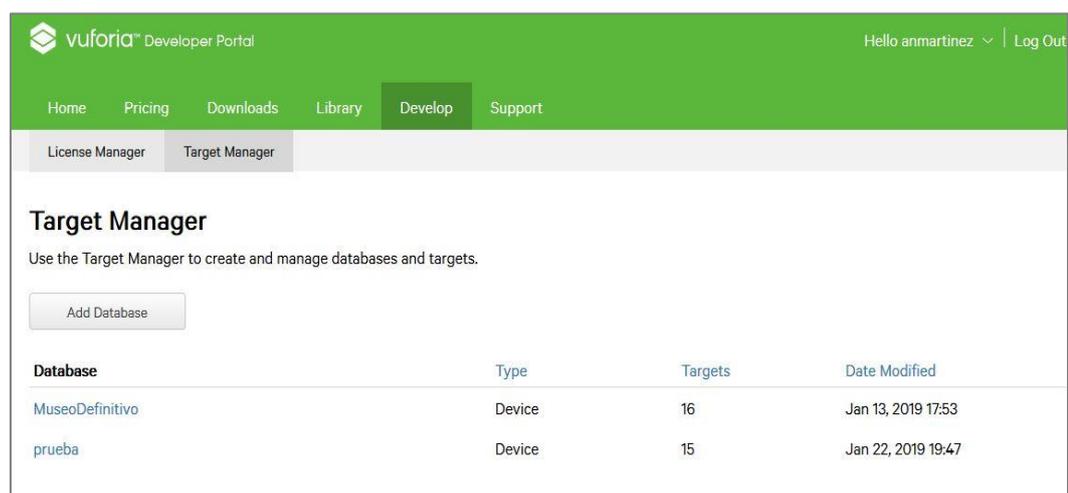


Ilustración 9. Imagen del Target Manager

prueba Edit Name
Type: Device

Targets (15)

Add Target Download Database (All)

<input type="checkbox"/>	Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
<input type="checkbox"/>	15	Single Image	★★★★★	Active	Jan 22, 2019 19:47
<input type="checkbox"/>	cassette	Single Image	★★★★★	Active	Jan 22, 2019 19:47
<input type="checkbox"/>	decretoTeleg	Single Image	★★★★★	Active	Jan 22, 2019 19:47
<input type="checkbox"/>	gramofono	Single Image	★★★★★	Active	Jan 22, 2019 19:47

Ilustración 10. Ejemplo de base de datos creada con Target Manager

Una vez tenemos creada nuestra base de datos podemos exportarla desde el mismo *Target Manager* para la plataforma de desarrollo que estamos utilizando y se importa ese fichero al proyecto en forma de *Assets*. Se denomina *Asset* a cualquier recurso que se crea o se carga desde el exterior a Unity, como podría ser una imagen, modelos 3D, animaciones, texturas, etc.

Este sistema tiene la pega de que, si se quiere actualizar la base de datos, se debe eliminar previamente la anterior del proyecto, si tienen el mismo nombre, ya que puede crearse conflictos con los identificadores de las imágenes.

Unity permite tener varias Bases de datos de *targets* creados y utilizarlos simultáneamente. Únicamente hay que cargarlos en la aplicación y activarlos.

- **Tracker:** Analiza las imágenes captadas por la cámara sirviéndose de la base de datos creada y almacenada en el dispositivo, detectando coincidencias de las imágenes captadas con la base de datos.

Para poder comenzar a trabajar con los elementos descritos, lo primero que hay que hacer es crearse una cuenta en la plataforma de desarrollo de Vuforia y obtener nuestra clave de desarrollo, que en el caso de este proyecto será una clave de desarrollador gratuita.

Esta licencia gratuita, tiene ciertas limitaciones, como se puede observar en la *Ilustración II*, pero es una muy buena opción para quien quiere aprender a utilizarlo, ya que no son limitaciones muy estrictas a no ser que se quiera realizar una aplicación comercial.

License Manager Target Manager

Get Development Key Buy Deployment Key

Back To License Manager

Add a free Development License Key

License Name *

You can change this later
License Name is required

License Key

Develop

Price: No Charge

Reco Usage: 1000 per month

Cloud Targets: 1000

VuMark Templates: 1 Active

VuMarks: 100

Type	Status	Date Modified
Develop	Active	Jan 13, 2019

Ilustración 11. Obtención de licencia para Vuforia

Una vez pasada la primera semana probando las herramientas que posteriormente se iban a utilizar se me proporcionó la carpeta que contenía la aplicación, con lo que comenzó el proceso de investigación de esta para saber cómo estaba estructurada y los elementos que la formaban, así como la realización de las pruebas pertinentes en mis dispositivos de desarrollo. Es decir, comprobar que reproducía el funcionamiento que me habían enseñado mis tutores en una de nuestras primeras reuniones y trastear realizando pequeñas modificaciones para ver qué impacto tenían, viendo los *Scripts* que dotaban de funcionalidad a diferentes objetos.

Para ello, lo primero fue configurar el entorno de Android para ejecutar poder compilar y trabajar haciendo pruebas con mi dispositivo móvil. Lo primero que hay que hacer es descargar el JDK (*Java Development Kit*) y el SDK de Android, para lo que existen actualmente dos opciones:

1ª- Instalar el SDK de Android mediante las herramientas de línea de comandos proporcionadas en la página web de desarrolladores de Android.

2ª- Instalar el SDK de Android a través de *Android Studio*.

Aunque la segunda opción es más cómoda por su simplicidad, únicamente requiere descargar la aplicación *Android Studio* y tener localizada la carpeta del SDK, se trata de un programa muy pesado, por lo que es recomendable la primera opción. Además, en ambos casos el proceso a seguir se encuentra detallado en las webs de Android y de Unity.

En mi caso ya tenía instalado el JDK y *Android Studio*, pero me dio algunos problemas debido a incompatibilidades entre versiones de las que disponía, finalmente la solución fue descargar de nuevo la carpeta “tools”, que se encuentra en el SDK de Android y sustituyéndola por la existente. Una vez instalados hay que indicar la ruta de las carpetas necesarias en Unity, como se muestra en la *Ilustración 12*.

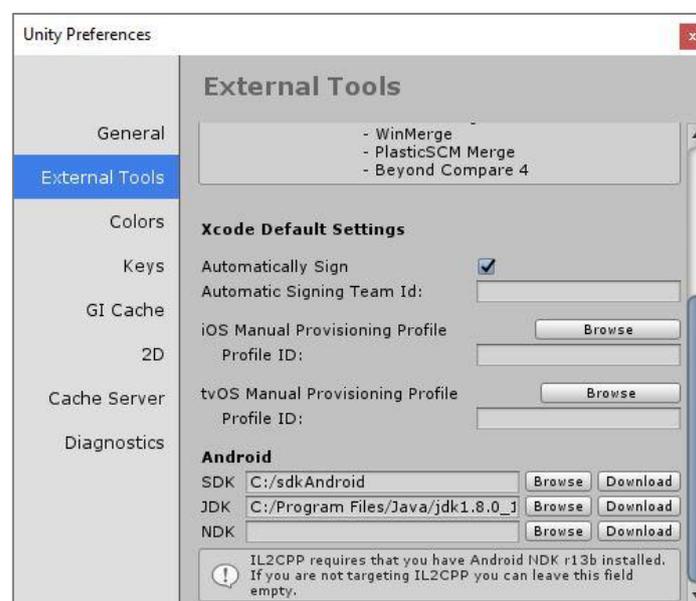


Ilustración 12. Configuración entorno Android

Una vez se ha configurado el entorno de desarrollo Android en Unity, hay que pasar a configurar el dispositivo donde deseamos probar la aplicación. Para ello hay que habilitar la depuración USB en el mismo. Este proceso puede variar dependiendo de la marca y capa de personalización de cada dispositivo, por tanto, se va a describir el proceso general para la mayoría de los dispositivos con Android, aunque todos son similares y no debería suponer ninguna



complicación realizar este paso, ya que, además, cada fabricante suele explicar el proceso a seguir. Para configurarlo hay que seguir los siguientes pasos:

1º- Se deben habilitar las opciones de desarrollador en el dispositivo pulsando 7 veces en el número de compilación (aparecerá una ventana emergente con una cuenta atrás), el cual podemos encontrar en *Ajustes - Acerca del teléfono - número de compilación*. Nos aparecerá un mensaje emergente informado de que ya tenemos habilitadas las opciones de desarrollador.

2º- Ahora hay que ir a *Ajustes - Opciones de desarrollador* y habilitar la opción depuración USB.

Puede que una vez realizados estos pasos todavía no podamos ejecutar debido a que haya que instalar los Drivers del dispositivo en el ordenador Windows con el que estemos trabajando. Para esto habrá que buscar en la página web del fabricante del dispositivo, pero no suele ser un problema, de hecho, lo normal es que no sea necesario.

En estas dos semanas también fue importante aprender los fundamentos básicos de C#, el lenguaje en el cual están realizados los diferentes *Scripts* de la aplicación, ya que es un lenguaje del que no había visto nada previamente. Esto no resultó muy complicado pues es similar a otros lenguajes orientados a objetos que si conozco en mayor o menor medida.

El primer cambio significativo que fue realizado en la aplicación fue el funcionamiento de los botones que aparecen al enfocar la imagen de Lenna. Esto es más complejo que todos los ejemplos probados anteriormente, pues se hace uso de diferentes *GameObjects* anidados, entre los que hay objetos *Canvas* que serán los elementos gráficos para superponer la imagen generada encima de la cara de Lenna.

Como ya he explicado, en Unity cada objeto tiene su propio *Script*, y el comportamiento de uno es independiente al de los demás. Esto es muy importante tenerlo en cuenta a la hora de querer interactuar en el mismo objeto con diferentes elementos.

El problema encontrado aquí era que, originalmente, cuando se pulsaba cada botón se añadía la imagen que correspondía a cada uno, pero no se eliminaba la anterior. Es decir, había una encima de otra, y para eliminar una de ellas, había que pulsar de nuevo el botón que la activaba. Cada botón tiene una propiedad en el *Inspector* con el método *onClick*, en el cual se añaden los objetos que queremos que se vean afectados al clicar el botón. A cada objeto se le puede asignar un método perteneciente a un *Script* creado (debe estar asociado al objeto para poder utilizarse) o predefinido (inherente a cualquier *GameObject*) para que realice su acción.

En este caso cada botón afectaba únicamente al objeto al que hacía referencia. Por ejemplo, el botón “blanco y negro” afectaba al elemento imagen que contenía la cara de Lenna en blanco y negro.

Para dar la funcionalidad que se buscaba al enfocar la imagen de Lena hubo que modificar algunos métodos del *Script* utilizado, *ActiveAnimation*, relacionados con el cambio de botón y añadir que, al clicar cada uno, también se desencadenase la acción de deshabilitar el resto de las imágenes no relacionadas con él mismo, de forma que el resto de las imágenes se deshabilitarían dejando sólo la que corresponde.

A continuación, se solucionaron los problemas que se presentaban en los vídeos, se modificó el formato y la codificación de estos para reducir su peso. Con este cambio pasaron de pesar cerca de 80 Mb cada uno a tener un tamaño de entre 7 y 10Mb, dependiendo del vídeo. El cambio de formato solucionó también el asunto de las bandas negras que aparecían, por lo que no hubo que realizar otras acciones que teníamos en mente, como cambiar la relación de aspecto de

los vídeos. Estos cambios se llevaron a cabo con el programa *FFmpeg* que es una colección de software libre para modificación de audios y vídeos, entre otras cosas.

Realizar la modificación de tamaño de los videos ya existentes fue bastante importante, ya que redujo de forma considerable el tamaño que ocupaba la aplicación, algo imprescindible de cara al producto final que se quiere ofrecer a los usuarios, y que permite ahorrar tiempo a la hora de trabajar con ella, generar el apk (Android Application Package) e instalarlo en el móvil para realizar cualquier prueba, mover el proyecto o realizar copias de seguridad. Una vez se incluyeron los nuevos vídeos se comprobó que los antiguos no se escuchaban en la aplicación porque no tenían cargado el audio en Unity, esto se soluciona incluyendo la propiedad adecuada para esto (*Audio Source*) en el *Game Object* de cada vídeo (*Video Player Component*), por lo que se añadió para los nuevos y se comprobó su correcto funcionamiento.

3.3.2 Nuevos desarrollos

Una vez pulidos los detalles que necesitaban ser retocados respecto al proyecto heredado debido a problemas y fallos detectados, ya se comenzó a tratar los nuevos desarrollos y evoluciones de la aplicación, tratando de añadir mejoras a lo ya existente y también nuevos contenidos.

Por otra parte, se modificó el *Script* llamado "*VideoTrackableEventHandler*", este *Script* está asociado a cada *GameObject* que tiene asociado un *Image Target* a partir del cual se quiere reproducir un vídeo. Se encarga de controlar las acciones que se van a desencadenar cuando se detecte y cuando se pierda esta detección de la imagen. Hay más como este a lo largo del proyecto en función del tipo de evento que queremos lanzar en un *Image Target*. Constan básicamente de dos métodos principales, uno para cuando encuentran la imagen y otro para cuando la pierden. Con el cambio realizado se consiguió reproducir el vídeo automáticamente al ser detectada la imagen, aportando un mayor dinamismo a la experiencia, ya que anteriormente aparecía el recuadro del vídeo en el dispositivo, pero había que pulsar para que comenzase la reproducción (modificación método *OnTrackingFound()* del *Script VideoTrackableEventHandler*).

También se cambió el comportamiento de la pérdida del foco, ahora al perder la detección se parará completamente la reproducción, antes sólo se pausaba, de manera que si se volvía a enfocar continuaba reproduciéndose por donde se había quedado. Esto se cambió debido a que al pasar a otro *Image Target* diferente, muchas veces, al tener almacenada esa información, comenzaba a reproducirla durante unos segundos en el nuevo objeto antes de lanzar su evento correspondiente. Con la modificación se comprobó la mejora de su comportamiento en estas situaciones. Para esto se modificó el método *OnTrackingLost()* del *Script VideoTrackableEventHandler*.

Durante las siguientes semanas se comenzó a trabajar en las imágenes que sirven de objetivo para disparar los eventos generados para el trabajo, se buscaba retocarlas para unificarlas, para que tuviesen un aspecto más estandarizado y reconocible, incluyendo el logo del Museo, y, además, reducir lo máximo posible su tamaño. Esta ha sido una de las partes más complejas del proyecto, ya que se han hecho pruebas y se ha tenido que corregir cosas casi hasta el final de este, debido a nuevos inconvenientes que nos iban surgiendo sobre la marcha en diferentes aspectos.

La primera idea fue la de pasar a utilizar *Vumarks*, pues es, a priori, la mejor forma de unificarlas y conseguir lo que se buscaba, unas marcas con un diseño común que incluyese el logo del museo y que variase su código de manera imperceptible para el usuario, pero surgieron muchas complicaciones como ya se ha explicado previamente. Esto requiere de conocimientos avanzados de diseño, que no es lo que se buscaba a la hora de planificar el plan de proyecto, y el empleo de Software específico para su creación, concretamente, se recomienda utilizar Adobe Illustrator (de

pago, para diseñar los *Vumarks*) junto a Vumark Designer que también habría que aprender a utilizar y no es algo trivial, ya que requiere tener conocimientos previos. Así que después de investigar y realizar pequeñas pruebas, se desechó esta idea, todo ello unido a diversas pruebas en las que se modificaron los *Image Target* y se pudo ver que para la finalidad que buscamos conseguía alcanzar un nivel de detección muy satisfactorio. Es más, con los *Image Target* se consiguió lograr lo que se buscaba en un primer momento al elegir utilizar los *Vumark*, por lo que enfocar ambas soluciones y acabar decantándose por la segunda no se podría considerar un fracaso, ya que se cubre la idea inicial perseguida.

Después de estudiar las características de los *Image Target* se puede concluir que para su buena detección hay que tener en cuenta una serie de aspectos. El primero los modos de enfoque de la cámara, hay diversos tipos que se pueden encontrar en las opciones de Unity *Vuforia Configuration* (*focus_mode_normal*, *focus_mode_triggerauto*, *focus_mode_continuousauto*, *focus_mode_infinity* y *focus_mode_macro*), esto se puede modificar por código para cada escena en concreto, ya que la configuración de Vuforia tiene carácter global. Se debe valorar las condiciones en las que se van a encontrar los targets antes de tomar la decisión definitiva en este aspecto, teniendo en cuenta la luminosidad de la estancia o posibles reflejos en las vitrinas. Después, podría ser problemáticas las condiciones lumínicas en que nos encontremos para detectar las marcas, ya que pueden afectar de forma significativa a la detección y seguimiento de nuestros objetos. Lo recomendable es trabajar en sitios interiores controlando que siempre se tenga la iluminación óptima para su detección. De todas formas, si es necesario disponer de escenarios oscuros por la finalidad que se busca, la API de Vuforia permite encender el flash del dispositivo para mejorar la detección, aunque el resultado no será tan bueno como si se dispusiera de una buena iluminación.



Ilustración 13. Ejemplo de imagen mala para detección

Otro aspecto importante es el tamaño de la imagen objetivo, lo que se ha tenido muy presente en este proyecto ya que definirá hasta que distancia puede ser detectada la imagen. El tamaño recomendado varía según la calificación del objetivo real y la distancia al objetivo de la imagen física. Las distancias indicadas que podemos encontrar en la web de Vuforia son aproximaciones, por lo que siempre tendremos que probarlo para asegurarnos de que hay una buena detección. También hay que tratar de enfocar la imagen desde un ángulo que no sea muy pronunciado, pues de otra forma la detección se puede resentir mucho.

Una imagen ideal para Vuforia sería aquella que fuese muy rica en detalle, cuanto más detalle mejor, aunque lo intuitivo sea pensar lo contrario. Por ejemplo, un grupo de muchas

personas, escenas deportivas o un conjunto de piedras de diferentes formas y tamaños se detectarían mejor que una imagen con patrones simples tengan. También es importante que, si tienen zonas oscuras, estas estén bien iluminadas y que no tenga patrones repetitivos.

Después de tener creado nuestro *Image Target* siempre hay que hacer caso a la herramienta de Vuforia *Target Manager*, pues con su sistema de calificación por estrellas indica si la imagen es de buena calidad para su detección.

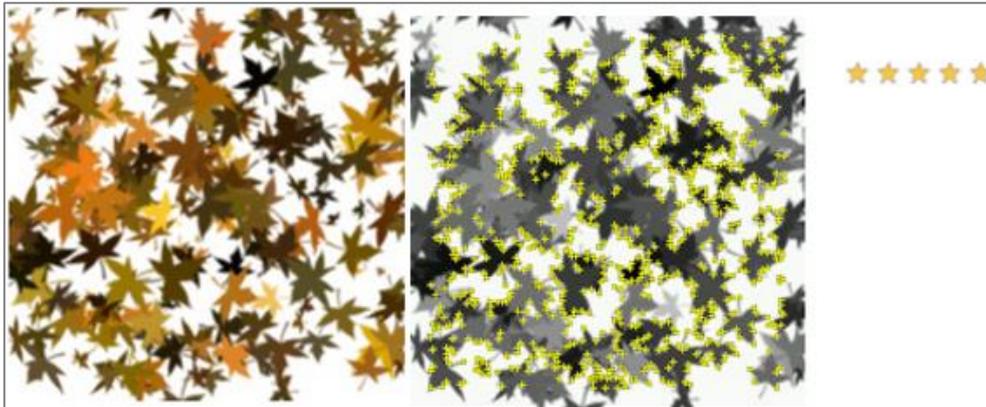


Ilustración 14. Ejemplo de imagen con buena detección

Una vez decidida la línea a seguir respecto al tipo de marcas se procedió a unificarlas, eliminando la imagen propia que contenía cada marca (ver *Ilustración 15*) y poniendo en su lugar mapas de bits aleatorios generados en blanco y negro. De manera que una parte sería idéntica para todas y el mapa de bits aleatorios va cambiando en cada una. Después de comprobar que la detección era buena de esta forma redujimos su tamaño lo máximo posible hasta donde se seguía logrando una correcta detección a la distancia que podría considerarse adecuada, basándose en la distancia a la que se suele encontrar un visitante del museo respecto a las vitrinas y en las relaciones tamaño/distancia, estábamos siguiendo la información proporcionada por Vuforia, dejando cierto margen. Se colocaron las imágenes en las vitrinas a una altura adecuada para resultar cómoda a la gente que vaya a utilizarlas, y no tuviese que posicionar el dispositivo de forma antinatural para capturar la imagen. La posición decidida para cada marca es más importante de lo que parece, pues se han de posicionar y orientar los diferentes eventos que se muestran en función de la posición en la que esté la imagen.

Los problemas respecto a este tema no acabaron aquí. Al continuar la realización de las pruebas, cada vez con más objetos añadidos y ya con todas las marcas, se detectaron dos fallos que se reproducían con frecuencia, que eran bastante críticos y era preciso solucionar. El primero de ellos se daba a la hora de reproducir los vídeos, pues la mayoría de ellos al visualizarse temblaban demasiado, aunque el movimiento del dispositivo fuese mínimo. Hubo que buscar mucha información para solucionarlo, ya que no respondía bien a las diferentes opciones para bloquear los objetos. La solución encontrada fue activar la opción avanzada *Extended tracking*, que es un parámetro para mantener un poco más el efecto del seguimiento de la imagen y hacerlo menos sensible al movimiento, aunque se deje de enfocar. Al activar este parámetro se solucionó el problema y ya se podían ver todos los vídeos estabilizados correctamente.

El otro reto que surgió fue que al probar todas las marcas apareció un problema con la detección, que no era todo lo correcta que debería ser. En la mayoría, al pasar de enfocar una a la siguiente, el evento que se reproducía no era el que le correspondía a la imagen. Para las pruebas realizadas anteriormente se comprobaba cada vez una marca, de forma individual, y de esta forma no se daba este mal funcionamiento, por lo que no se tuvo en consideración este problema hasta que se realizaron pruebas con todas las marcas juntas. Para solucionarlo se llevaron a cabo dos

acciones: la primera modificar la imagen objetivo, haciendo más grande el mapa de bits aleatorio, buscando que tuviese más complejidad y diferencia una imagen de otra.



Ilustración 15. Pruebas de marcas

También se cambió la configuración de Vuforia en Unity, en la opción *Camera Device Mode* indicándole que priorizase la optimización de la calidad de detección, pues antes estaba el modo rápido, porque se quería una detección muy rápida. Se eligió la segunda (ver *Ilustración 15*). En la *Ilustración 16* se pueden observar los puntos de detección que nos muestra la plataforma de Vuforia para cada target.

Con nuestras pruebas se vio que, con el nuevo modo, la detección todavía era lo suficientemente rápida, por lo que no es ningún problema haberla cambiado en relación con lo que se ha ganado. El modo rápido almacenaba lo detectado en cache, y al reconocer ciertos parámetros iguales (que había muchos ya que las marcas están unificadas) lanzaba rápido el evento sin pararse a analizar la imagen completa, por lo que al pasar al otro modo las analiza con más detenimiento para tener una mayor calidad de detección.

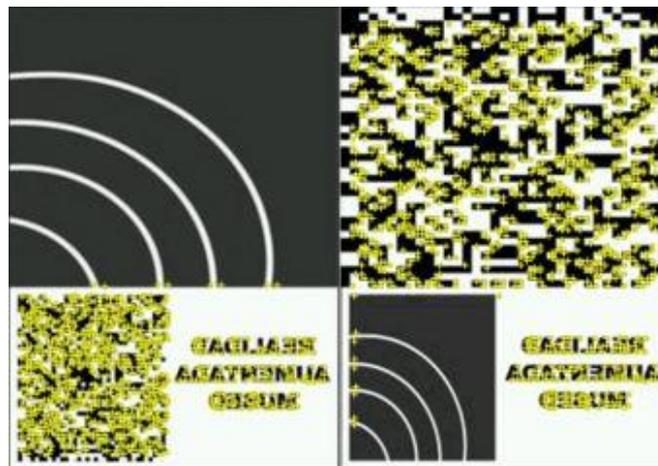


Ilustración 16. Puntos claves para la detección

Abordando ya los contenidos nuevos que decidimos introducir, se valoró la opción de introducir animaciones para los objetos, pero finalmente se decidió que no se ajusta al objetivo didáctico que se pretende conseguir con esta aplicación. Esto se logra en mayor medida con un video, ya que puedes ver una imagen real del objeto en funcionamiento en lugar de un diseño 3D realizado, que por muy atractivo que pueda ser, no alcanza el nivel de fidelidad a la hora de representarlos. Otro inconveniente es su alto coste, ya que para que quede bien requeriría de encargar su creación a un diseñador. Por todo esto se decidió seguir con la línea marcada hasta

ahora, pero añadiendo nuevas características para que no sea siempre lo mismo, como es el ejemplo del video e imágenes con fondo transparente.

Los nuevos objetos añadidos a la aplicación en este proyecto han sido los siguientes:

- **Emisora EAJ30 Radio Onteniente:** Esta emisora fue utilizada por Salvador Miquel Lluch para llevar a cabo la primera transmisión experimental de radio en el año 1923 en Ontinyent, pequeño pueblo de la comunidad valenciana. Se incorpora un vídeo con fondo transparente a la aplicación.
- **Decreto telegrafistas:** real orden por la cual se permitió a las mujeres poder trabajar en el sector del telégrafo. Se incorpora audio a la aplicación.
- **Siphon Recorder:** receptor Morse impresor para cable submarino. Se incorpora un nuevo vídeo a la aplicación.
- **Teléfono de sobremesa de disco:** el objeto ya estaba en la aplicación, pero se le cambia el tipo de evento de audio por un vídeo
- **Centralita manual, Standard:** centralita de conmutación manual. Se incluyen botones con imágenes superpuestas de diferentes telefonistas en función de la época.
- **Radio Cassette Sanyo:** Se incorpora con un nuevo vídeo a la aplicación.

Incorporar el vídeo con fondo transparente también ha sido una de las partes más complejas del proyecto, pues al modificarlo y exportarlo con capa *Alpha*, que permitía hacer el vídeo transparente, conseguimos resultados de gran tamaño, que no eran funcionales ya que disparaban el peso de la aplicación. Por otra parte, cuando se logró el vídeo con capa *Alpha* con un tamaño adecuado, al cambiarle el formato del *códec* para hacerlo compatible con Unity e introducirlo en la aplicación no se obtenía un buen resultado, debido a las compatibilidades con Android. Finalmente se realizó un *material* y se programó un *shader* nuevos en Unity. El *shader* se llamó *AlphaIsBlack* y se encargaba de tratar como si fuese capa *Alpha* al color negro. Se añadió el *material* creado al *GameObject* del vídeo de la Radio Onteniente asociado al *shader AlphaIsBlack* y de esta forma se logró disponer del video con fondo transparente en la aplicación. Esta solución pone fin, además, al problema del elevado tamaño del vídeo con capa *Alpha*, ya que no es necesario utilizar este. A continuación, se muestra el *shader* que se programó:

```
Shader "Unlit/AlphaIsBlack"
{
    Properties
    {
        _MainTex ("Base (RGB)", 2D) = "white" {}
        _Threshold("Cutout threshold", Range(0,1)) = 0.1
        _Softness("Cutout softness", Range(0,0.5)) = 0.0
    }
    SubShader
    {
        Tags { "RenderType"="Transparent" "Queue" = "Transparent" }
        LOD 100

        ZWrite Off
        Blend SrcAlpha OneMinusSrcAlpha

        Pass
        {
```



```
CGPROGRAM
#pragma vertex vert
#pragma fragment frag

#include "UnityCG.cginc"

struct appdata
{
    float4 vertex : POSITION;
    float2 uv : TEXCOORD0;
};

struct v2f
{
    float2 uv : TEXCOORD0;
    float4 vertex : SV_POSITION;
};

sampler2D _MainTex;
float4 _MainTex_ST;
float _Threshold;
float _Softness;

v2f vert(appdata v)
{
    v2f o;
    o.vertex = UnityObjectToClipPos(v.vertex);
    o.uv = TRANSFORM_TEX(v.uv, _MainTex);
    return o;
}

fixed4 frag(v2f i) : SV_Target
{
    // sample the texture
    fixed4 col = tex2D(_MainTex, i.uv);
    col.a = smoothstep(_Threshold, _Threshold + _Softness,
        0.333 * (col.r + col.g + col.b));
    return col;
}

ENDCG
}
}
```

Añadir el objeto de la centralita también requirió hacer más grande esa marca, ya que se busca que las imágenes de las telefonistas encajen en el tamaño real de la misma. Por lo que hay que alejarse un poco más que en el resto de los elementos de la aplicación para que todos los elementos entren en la pantalla. Únicamente haciendo la imagen objetivo de un tamaño mayor se agranda la imagen de la telefonista, pues en Unity se establece una relación de tamaño entre la marca y el objeto imagen. Se ha creado una botonera que aparece en el lateral del dispositivo al enfocar la imagen, donde podemos seleccionar hasta 10 décadas diferentes para mostrar una telefonista diferente superpuesta en la realidad. La imagen mostrada también tiene fondo transparente, por lo que el efecto generado es más llamativo.

El siguiente paso realizado fue dar la opción de poder disparar diferentes tipos de eventos al detectar la imagen. Se probó esto con la imagen del Radio Cassette Sanyo añadiendo dos botones, uno que permitiese reproducir audio y otro para que se reprodujese el vídeo. La complejidad

de esto residía en los *Scripts* de manejo de audio y vídeo al ser detectada la imagen, ya que en el resto de los objetivos se indicó que se disparasen automáticamente al ser detectados. Aquí al detectarse la imagen había que mostrar los botones y posteriormente controlar de manera diferente la reproducción del audio y el vídeo, en función de la pulsación de los botones. Para lo que se crearon dos nuevos *Scripts*, *VideoTrackableEventHandler* y *AudioTrackableEventHandler*, para la detección de audio y vídeo, ya que los existentes estaban programados para que se activase el evento en cuanto se detectase la imagen. Con estos nuevos, ambos se activarían al presionar su correspondiente botón y se detendrían de la misma manera, o perdiendo el foco de la imagen.

Finalmente se decidió no introducir esto en la aplicación ya que el audio era el mismo que se escuchaba en el vídeo, por lo que no aportaba más información de interés al usuario. De todas formas, el trabajo ya este hecho por si en un futuro se quisiera incluir varios eventos para un solo *ImageTarget*.

Cómo al enfocar una marca que dispara un evento del tipo auditivo no había nada que indicase al usuario que la reproducción del audio estaba teniendo lugar, se decidió añadir un estímulo visual para que el visitante, en caso de no llevar auriculares o tener el volumen del dispositivo muy bajo, pudiese darse cuenta de que el evento ya había sido iniciado. Se colocó un altavoz sobre la marca. Este icono tiene el fondo transparente e indicamos en Unity que apareciese en nuestro dispositivo un poco por delante de donde se sitúa la marca. De esta forma se logra una sensación de profundidad más atractiva que si apareciese pegado a la marca.

Una vez conseguido todo esto la preocupación central fue la de añadir funcionalidad al resto de las opciones de la aplicación y mejorar su diseño. Se comenzó por añadir funcionalidad al resto de botones del menú, el botón *Actividades* para el que decidimos que tuviese un enlace a la URL del apartado *Actividades* de la web del museo, donde se detallan una serie de acciones didácticas que pueden realizarse en las instalaciones del museo.

Para el botón *Museo* se realizó un vídeo con la finalidad de servir de introducción al Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, utilizando imágenes de objetos tecnológicos encontrados en el carrusel de imágenes que se puede encontrar en la web del museo y un audio grabado expresamente para la aplicación. Para esto hubo que modificar el *Script Menu.cs*, añadiéndole un método nuevo, que se active al pulsar el botón “Museo” para la reproducción del vídeo, indicándole la ruta del vídeo en la carpeta del proyecto, tal como se muestra a continuación:

```
private readonly string movPath = "App Museo_Introd.mp4";

public void GoToMuseo ()
{
    StartCoroutine (PlayStreamingVideo (movPath));
}

private IEnumerator PlayStreamingVideo (string url)
{
    Handheld.PlayFullScreenMovie (url, Color.black,
    FullScreenMovieControlMode.Full,
    FullScreenMovieScalingMode.AspectFill);
    yield return new WaitForEndOfFrame ();
    yield return new WaitForEndOfFrame ();
    Debug.Log ("Video playback completed.");
}
```

El último botón fue el de *Información*, para el que se creó una nueva escena por completo, introduciendo un *Layout* donde se mostrasen los logos del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, de Museos

UPV y el logo de la UPV, también consta de un panel desplazable para introducir todo el texto informativo acerca del objetivo de la aplicación e información sobre sus creadores y los agradecimientos. Por último, el botón que enlazase directamente con la web del museo.



Ilustración 17. Comparación Opening antiguo y nuevo

En cuanto a las mejoras visuales de la aplicación se ha rediseñado completamente el *Opening* y el menú de la aplicación, como se puede observar en las *ilustraciones 17 y 18*. Se decidió que toda la aplicación tendría una orientación horizontal, ya que se adecúa mejor a los contenidos. Mientras que para el *Opening* sólo fue necesario modificar la imagen de carga de la aplicación, para el menú principal hubo que modificar el *Layout* entero de la aplicación, ya que buscamos que se visualizase correctamente en dispositivos con cualquier tamaño de pantalla. También se rediseñaron los botones que componen el menú. Se decidió eliminar logos mostrados en la versión anterior del menú, dejando solo el logo del museo, pues estos se han incorporado en la escena “*Información*”.

El objetivo de la pantalla de carga es el de dar un mensaje de bienvenida mostrando el logo del museo e indicando, mediante el icono de unos auriculares, que es recomendable el uso de auriculares para disfrutar en plenitud de la experiencia ofrecida. Se ha decidido eliminar texto innecesario respecto a la versión anterior y así crear una imagen más atractiva.



Ilustración 18. Comparación Menú antiguo y nuevo

Capítulo 4. Validación de la aplicación

4.1 Publicación en Google Play Store

A la hora de publicar una aplicación hay que tener en cuenta tanto el procedimiento a realizar en el IDE de desarrollo que estamos utilizando y el proceso de creación, como que hay que llevar a cabo desde la cuenta de desarrollador de Google Play. La aplicación debe ser firmada en Unity, debido a que, aunque Google ofrece un sistema propio para realizar esto no está del todo bien integrado con las aplicaciones creadas con Unity, por lo que se recomienda seguir los siguientes procedimientos. [11]

En primer lugar, hay que establecer los parámetros de nuestra aplicación en Unity, en los ajustes del *Android Player*, donde por ejemplo habrá que indicarle el icono de la aplicación para diferentes resoluciones, el límite de versión para la que queremos que funcione la aplicación, que en nuestro caso es Android 4.1 o marcar que soporte Vuforia, si el dispositivo en el que se va a utilizar lo soporta, entre otras muchas opciones. [10][12]

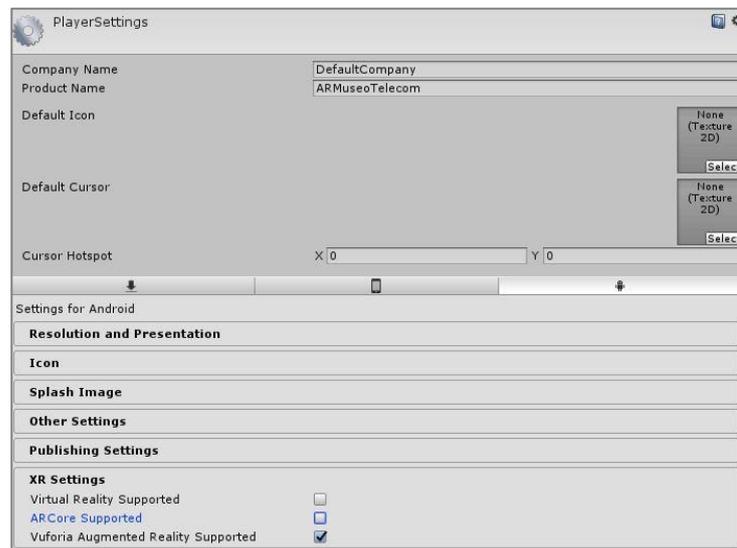


Ilustración 19. Player Settings Unity

Los parámetros principales que hemos tenido en cuenta, y merecen la pena destacar, a la hora de elaborar la aplicación son el *Company Name* y *Product Name*, ambos obligatorios ya que el primero se trata de la compañía que desarrolla la aplicación y el segundo es el nombre que tendrá la aplicación. Después habría otros parámetros que se pueden tener en cuenta, como el icono que queremos ponerle a la aplicación, o la *Splash Image*, que en este caso no se puede personalizar al estar utilizando la versión gratuita de la herramienta, entre otros.

El paso imprescindible que hay que realizar para subir cualquier aplicación a la Play Store es el de firmar el apk generado antes de subirlo, ya que de otra forma no podremos subir nuevas versiones de la aplicación, ya que es la manera que utiliza Google para identificar a los creadores. Google tiene su propio sistema de gestión de claves, pero por el momento no está integrado correctamente con Unity, por lo que hay que generar desde Unity la clave con la que firmar posteriormente nuestro apk. [10][11][12]

Para crear la clave/firma habrá que ir al apartado *Publishing Settings*, que se encuentra dentro de *Player Settings*, y seguir los siguientes pasos. Primero hay que marcar el *checkbox Create a new keystore...* e introducir la contraseña en *Keystore Password*. Después pulsando en *Browse keystore* indicaremos donde almacenar la clave que vamos a crear. [10][12]

Un fichero *keystore* es un archivo para el almacenamiento cifrado de claves y certificados. Tenemos que almacenar este fichero en un sitio que recordemos fácilmente, y es

recomendable realizar alguna copia para guardarla por duplicado, ya que si la perdemos no será posible subir nuevas versiones de la aplicación. Esto es lo único que te identifica como el desarrollador de la aplicación.

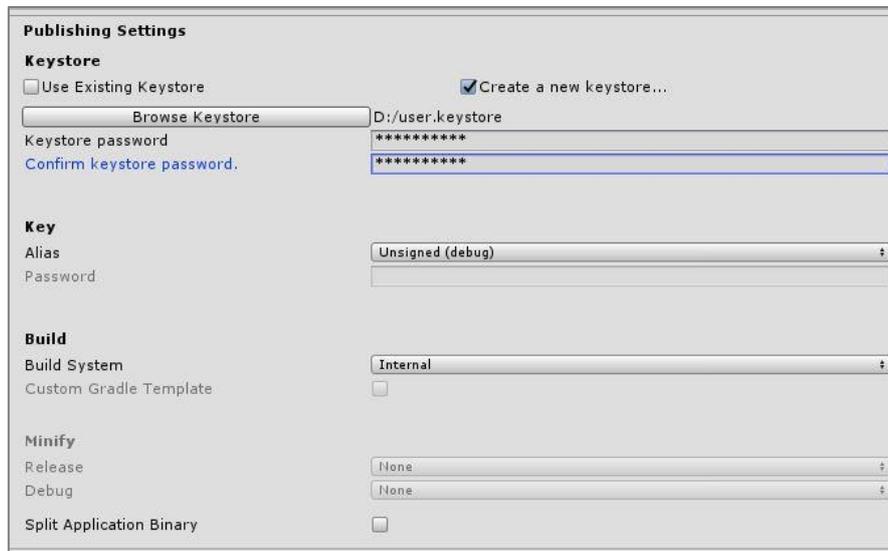


Ilustración 20. Publishing Setting Unity

Una vez hecho esto tenemos que crear el ejecutable y automáticamente cambiara el *check* de *Create a new keystore* a *Use Existing Keystore* y nos aparece la ruta del fichero *keystore* que hemos creado.

Este fichero no es todavía la clave, ya hemos dicho que es lo que va a almacenar la clave en sí, para generarla hay que seleccionar la opción *Create New Key* en el desplegable *Alias*. Esto desplegará una ventana donde hay que introducir la clave que vamos a almacenar y diferentes datos podemos introducir, como se ve en la *ilustración 21* [10][12]

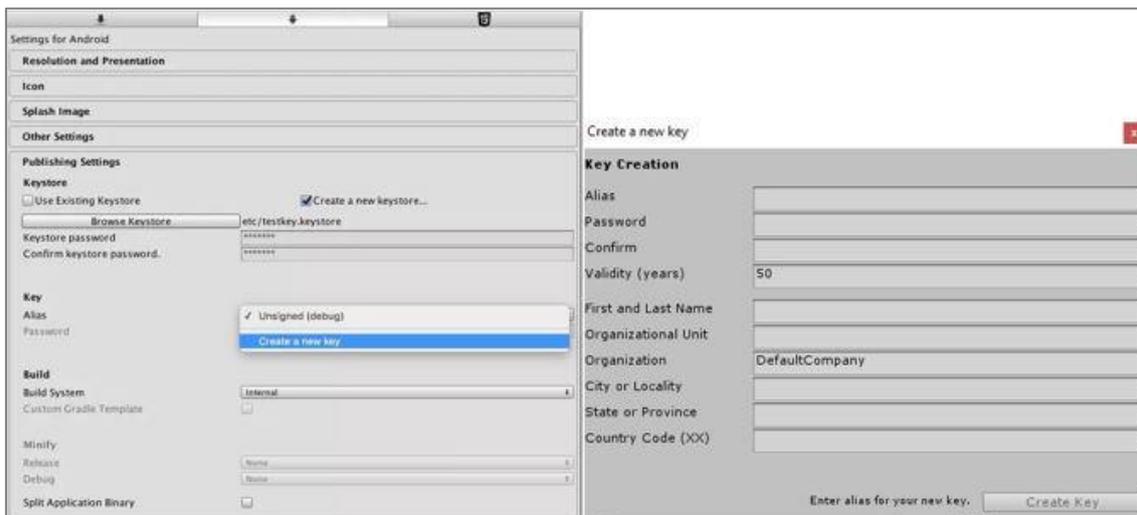


Ilustración 21. Creación clave de firma en Unity

Es importante, por tanto, conservar el fichero *keystore* y no olvidar su contraseña, y conservar también la propia contraseña de la firma almacenada en el fichero.

Una vez creada, la clave ya aparecerá en el desplegable del *Alias*, lo que nos permite seleccionarla e introducir la contraseña para generar nuestro apk firmado y así poder subir nuestra aplicación a Google Play.

Una vez hemos firmado nuestro apk a través de Unity, pasamos a explicar el proceso a seguir para subir la aplicación a Google Play.

Lo primero sería crear una cuenta de desarrollador de Google, que en la actualidad tiene un precio de 25€. Una vez ya la tenemos creada entramos en la consola de desarrollo de Google Play, donde dispondremos de información referente a nuestra cuenta, como pueden ser nuestro listado de publicaciones, alertas o informes de beneficios. Para crear una nueva aplicación seleccionamos la opción de añadir una nueva aplicación, donde se nos solicitará una serie de datos referentes a nuestra aplicación, como el título (máximo de 50 caracteres) o el idioma. El título indicado será el que se muestre en la Google Play Store. [11][12]

Ahora podemos seleccionar y subir el apk, que como ya se ha explicado hace un momento, debe estar firmado. Google nos da tres opciones para la distribución de nuestra aplicación, entre los que se encuentran:

- Producción: para publicar nuestra aplicación en la tienda de Google para todo el mundo, es decir, cualquiera que entre y la vea se la podría descargar.
- Beta o Alpha Testing: se publican de forma privada para un grupo determinado de personas para ir probando poco a poco la aplicación. Se suelen hacer estas pruebas para ir probando poco a poco la escalabilidad de las aplicaciones. O puede publicarse de forma pública, pero ya estás indicando que no es una versión final, por lo que podría contener errores.
- Internal Test: para ser probada por el desarrollador y colaboradores.

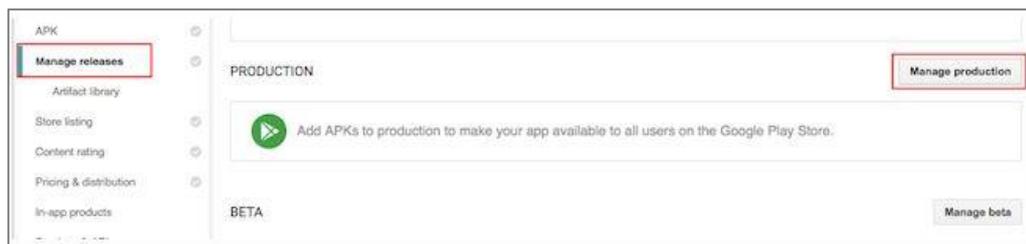


Ilustración 22. Manage releases de la Consola de Google

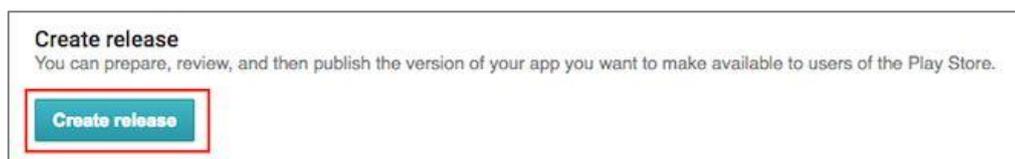


Ilustración 23. Crear release en la Consola de Google

No sería necesario pasar por una fase antes que otra, es decisión nuestra elegir si queremos que nuestra aplicación pase antes por un proceso de *Testeo* a través de Google o no. Por tanto, en la pestaña que queramos, seleccionamos nuestro apk y lo cargamos en la consola de Google. Es importante recordar que el apk debe firmarse antes de realizar esta operación. Cuando se cargue el apk debe salir un tick verde al lado indicando que el proceso de carga se ha realizado satisfactoriamente. [11][12]

Al subir nuestro apk en producción tenemos que ir a la opción “*App releases - Manage production – Create release*”, desde el cual configuramos el lanzamiento de la aplicación. Es importante que, como ya está firmado el apk utilizando Unity, seleccionemos la opción *OPT OUT*, cuando nos pregunta si utilizamos la *Google Play App Signing*, que es la opción que ofrece Google para la gestión de las claves. Como ya se ha explicado esta herramienta no está bien integrada con Unity, por lo que se debe realizar como se ha explicado anteriormente, de forma manual. Una vez

seleccionada esta opción es cuando se debe subir el apk como una nueva *release*, a la cual podemos añadir comentarios. [11][12]

Ilustración 24. Configuración de release en la consola de Google

A continuación, tenemos que ir a la ficha de la aplicación donde indicaremos toda la información referente a nuestra aplicación que queremos que se vea en su ficha cuando un usuario acceda a ella en Google Play. Datos que hay que indicar obligatoriamente:

- Título de la aplicación
- Descripción corta
- Descripción completa
- 8 capturas de pantalla. Se pueden especificar grupos de capturas para que se muestren en una u otra plataforma (Smartphone, Android TV, Tablets y Android Wear OS).
- Icono en alta resolución (512x512). Este será el icono que se muestre en el dispositivo móvil de los usuarios que se descarguen la aplicación
- Feature Graphic. Que aparecerá en la cabecera de la ficha de Google Play de nuestra aplicación.
- Url a un vídeo de youtube que debe tener de duración recomendada 1 min, para mostrar el funcionamiento de la aplicación.
- Indicar el tipo de la aplicación
- Indicar la categoría
- Content Rating. Un breve cuestionario para calificar por edades y público nuestra aplicación. Nos devolverá la calificación en función de nuestras respuestas.
- Detalles de contacto: email y correo son obligatorios. También se puede indicar una página web.
- Privacy Policy. Obligatoria si nuestra aplicación va a estar recopilando datos. También es de obligada cumplimentación si nuestra aplicación va a ser incluida en el programa “Diseñado para familias”
- Precio y distribución. Aquí debemos indicar el precio de la aplicación o si es gratuita, países donde queremos que esté disponible, si tiene anuncios, si está enfocada a un público infantil. Las plataformas que la van a soportar, programas de usuario a los que pueda pertenecer, como podría ser *DayDream*, el programa de Realidad Aumentada de Google, esto se hace para que aparezcan en las *stores* especiales de estos programas, y por último los consentimientos.

Una vez cumplimentada toda la información, podemos publicar la aplicación desde la sección App release. En cuestión de unas horas la aplicación estará aprobada por Google y publicada en Google Play, a no ser que haya sido detectado algo incorrecto por el equipo de Google, como podría ser, por ejemplo, el marcar una opción de programa de usuario concreto y no realizar sus acciones pertinentes. [11][12]

4.2 Desarrollo de la prueba piloto

4.2.1 Entorno

Todo desarrollo de una aplicación necesita pasar un proceso de testeo para evaluar los avances que se van consiguiendo e ir validando los cambios y mejoras. Por una parte, está el proceso llevado a cabo por las personas encargadas del desarrollo, en este caso el alumno que lo realiza junto a los tutores encargados de su supervisión, que deben estar constantemente probando la aplicación y tratando de detectar posibles bugs o, simplemente, pensando nuevas mejoras que puedan ir mejorando la experiencia. Este proceso es propio de cualquier desarrollo, pero la visión de las personas dedicadas al proyecto puede verse limitada por diversos factores, como puede ser desde tener una visión diferente a la del usuario al que está dirigida la aplicación, como la simple incapacidad de realizar pruebas en una amplia gama de dispositivos, pues ya sabemos que hoy en día hay diferentes tipos y tamaños de pantalla, procesadores, versiones del sistema operativo y demás características que pueden llevar a diferentes comportamientos.

Se decidió que una buena forma de validar la herramienta era realizando diversas pruebas piloto aprovechando las visitas que recibe el museo de algunos centros educativos, mediante la cumplimentación de un cuestionario al final de la visita, ver *Anexo I*. Los alumnos que tomaron parte en la fase de la prueba piloto son estudiantes de secundaria de entre 12 y 13 años. La prueba consistió en una visita de aproximadamente una hora por el museo sin guiado, es decir, sin un camino establecido que seguir. De esta forma pensamos obtener información acerca de si la distribución realizada de las marcas estuvo bien pensada y es suficientemente intuitiva para que los usuarios puedan ir encontrándoselas sin problema.

El proceso pensado para el desarrollo de la prueba piloto consistía, en un primer momento en que los visitantes se descargasen la aplicación directamente de Google Play al llegar al museo, mediante un código QR que se encuentre en un cartel a la entrada. Por motivos de plazos, cuando se llevaron a cabo las visitas todavía no está la aplicación publicada, ya que no se había finalizado por completo su desarrollo, aunque sólo quedaban ciertos aspectos por pulir. El proceso de testeo de la aplicación queda de esta forma, planteado para poder tomarlo como modelo y forma de actuar de cara a futuras versiones de la aplicación. Debido a esto, se decidió instalar directamente el apk en el dispositivo de algunos de los alumnos, ya que instalárselo a todos requeriría de un tiempo excesivo, y que se harían grupos pequeños alrededor de ellos, es importante que los grupos no sean muy grandes, ya que todos no podrán disfrutar de la visita tal y como se desea, por lo que su cuestionario no tendría tanta validez como los de las personas que si han podido tener la experiencia completa.

Una vez los alumnos tienen la aplicación instalada en sus dispositivos tiene lugar la visita alrededor del museo. Al considerar la visita sin guiado son ellos los que tienen que ir localizando los objetos que tienen las marcas distintivas al lado para poder ir disparando los eventos propios de cada uno, sin disponer de una ruta preestablecida que tengan que seguir. Se pensó que esto es uno de los puntos clave de la prueba, para evaluar si el sistema de selección de objetos y distribución de las marcas objetivo han sido adecuadas, ya que fueron pensadas con el fin de que cualquier persona que acceda al museo pueda descubrir, viendo el cartel a la entrada, que hay una aplicación de Realidad Aumentada que está diseñada para utilizarse en el museo, y que pueda, sin necesidad de ayuda, ver los diferentes elementos que conforman el museo e ir siguiendo los eventos de la aplicación sin saltarse ninguno.

Se planteó la posibilidad de incluir la información en la propia aplicación de la posición de cada una de las marcas, pero la acabamos descartando por considerarlo un exceso de

información, lo que reduciría la calidad de la experiencia, porque nunca es igual ver las cosas que hay y buscarlas, sabiendo lo que te vas a encontrar, que ir descubriendo las cosas por uno mismo y poder sorprenderse.

Una vez concluida la visita haciendo uso de la aplicación se entregó un breve cuestionario que debían cumplimentar, del cual nosotros obtenemos la información acerca de los diferentes aspectos de la aplicación que hemos considerado.

4.2.2 Test

Con el cuestionario realizado se ha querido obtener la máxima información tanto del funcionamiento de la aplicación, para permitirnos detectar errores, como de la experiencia personal que ha podido vivir cada usuario probándola.

Las primeras preguntas que se le hacen al usuario de prueba son acerca de su dispositivo, ya que en caso de que detecte algún fallo o un funcionamiento diferente al esperado en la aplicación es importante tener esta información de cara a plantear una solución futura a dichos errores. Considerando que la muestra de dispositivos que se tiene al crear la aplicación para probar durante el desarrollo es limitada, y aunque se esté preparando para que una gran mayoría de dispositivos sea compatible, no hay que descartar posibles fallos en función del modelo de móvil o en la versión de Android que utiliza, por lo que es esencial disponer de esta información como punto de partida. Una vez se obtiene esta información básica empiezan las preguntas que tratan sobre la funcionalidad de la aplicación.

A partir de aquí podemos dividir el cuestionario en dos partes, basándonos en la información que podemos tener con las respuestas. Una primera parte más objetiva, donde se espera recibir respuestas acerca de si ha fallado alguno de los objetos del museo que tienen marca para poder visualizar el contenido incluido en la aplicación, y preguntas más concretas: rendimiento de la aplicación, es decir, si se ha podido instalar y funciona, si va lenta, si la detección es correcta o hay algún problema con la visualización de los contenidos, como por ejemplo, que los vídeos no se escuchen o se vean mal.

El otro apartado de la encuesta es más personal, pues son preguntas que buscan conocer las sensaciones que se han tenido utilizando la aplicación durante la visita. Se pretende saber si la aplicación ha resultado fácil de manejar e instalar, si les ha parecido más atractiva la visita de esta manera, si creen que han aprendido algo y si ellos se instalarían la aplicación de un museo si van a él. Por último, se ha incluido un apartado para comentarios y sugerencias, más libre, donde se espera recibir consejos para mejorar los elementos que ya hay en la aplicación, además de nuevas propuestas que puedan ser estudiadas para implementarse en un trabajo futuro.

El test está adjuntado como *Anexo 1*.

Capítulo 5. Resultados

5.1 Aplicación

La aplicación de Realidad Aumentada “ARMuseoTelecom” desarrollada en el presente proyecto permite conocer el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, ubicado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Politècnica de Valencia. Este museo nos expone una grandísima variedad elementos antiguos de diferentes ámbitos de las tecnologías de telecomunicaciones en las vitrinas distribuidas en su espacio, con diversos apuntes informativos para cada objeto, permitiendo saber cuál es cada uno de ellos.

El museo se divide en 5 áreas en función de la naturaleza de las tecnologías que componen cada una de ellas. En el *Anexo 2* se puede ver un plano del museo donde se diferencia cada una de ellas, y se indica con colores dónde se encuentran alrededor de la Escuela. Las diferentes áreas que se pueden encontrar son:

- Imagen y sonido
- Instrumentación
- Radiocomunicaciones
- Telefonía
- Telegrafía

El proyecto, como ya se ha explicado anteriormente, se ha realizado con el objetivo primordial de acercar estas tecnologías a todo aquel que le pueda interesar; así como despertar interés en los visitantes más jóvenes, ya que se reciben cada año múltiples visitas por parte de algunos colegios para que sus alumnos descubran información referente a las telecomunicaciones, por tanto se buscaba crear una herramienta atrayente y didáctica, de manera que los objetos expuestos pudiesen mostrar su funcionamiento real a los visitantes, a partir de la Realidad Aumentada.

Finalmente, se ha logrado una versión 1.0 de la aplicación para dispositivos Android, lista para publicar en Google Play. Para conseguir la aplicación se han empleado diferentes herramientas de trabajo. La principal ha sido el IDE Unity junto al SDK Vuforia junto al IDE Visual Studio para la compilación de los diferentes *Scripts* desarrollados en el lenguaje de programación C#, para dar lógica a los diferentes elementos que componen la aplicación. El motivo de la elección de las herramientas ya se ha explicado anteriormente. No obstante, fue una decisión que ya se llevó a cabo en el proyecto anterior a este, realizado por otro alumno de la escuela, por lo que continuar con estas era la decisión lógica.

La aplicación ha quedado finalmente compuesta por cuatro escenas creadas con Unity, enlazadas entre sí mediante botones. Cada escena tiene un objetivo concreto, la primera (*Opening*) se ha creado para mostrar una pantalla de carga previa al menú principal, de 5 segundos de duración. A pesar de que estamos obligados a mantener la pantalla de carga de Unity, debido a que se está utilizando la versión “*Personal*” de la herramienta, se consideró que era mejor mostrar un mensaje de bienvenida a la aplicación del museo, diseñada para que de un simple vistazo se aprecie sobre qué trata la aplicación y la conveniencia de utilizar auriculares para disfrutar al máximo de la experiencia ofrecida. Esto, por tanto, no se ha implementado para ir cargando la aplicación en segundo plano, simplemente tiene un propósito informativo. Ver *Ilustración 25*.



Ilustración 25. Pantalla de carga de la aplicación

A continuación, se accede al menú principal (*Menu_main*) de la aplicación, desde donde se puede acceder al resto de funcionalidades de la aplicación a través de los cuatro botones que se pueden observar en la *Ilustración 26*. En esta escena, además se muestra una imagen de fondo de Emile Berliner, inventor germano-estadounidense, de origen judío, que logró concebir, entre otros, el gramófono, el transmisor telefónico y discos de vinilo. Sobre el año 1886 experimentó con la grabación del sonido partiendo del fonógrafo, concebido por Thomas Alva Edison sobre el año 1877. Esto le permitió idear el gramófono, que reducía los costes de fabricación por ser más sencillo y que podía utilizarse para lograr muchas copias. Este dispositivo logró mayor éxito comercial debido a su versatilidad, convirtiéndose en el más utilizado en este campo hasta mitad del siglo XX, cuando pasó a un segundo plano por la llegada del tocadiscos eléctrico. [15]

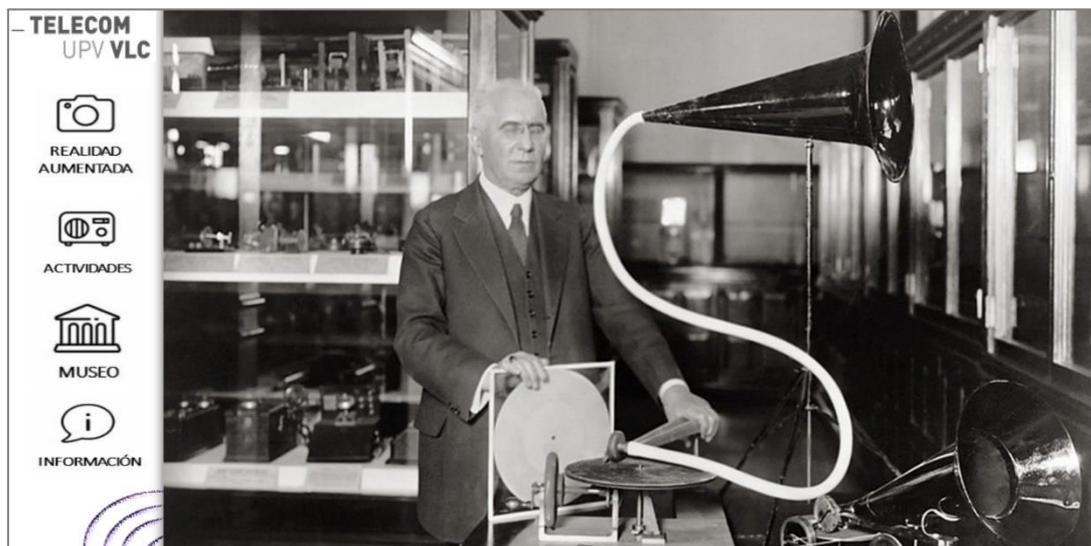


Ilustración 26. Menú principal de la aplicación

Siguiendo el orden de los botones desde arriba hasta abajo se observa la escena de la *cámara de Realidad Aumentada (AREnvironment)* como la primera funcionalidad a la que se tiene acceso, ya que es la principal funcionalidad de la aplicación y el motivo por el cual se comenzó su desarrollo. Al lanzar esta escena se carga la cámara de Vuforia, necesaria para la detección y seguimiento de imágenes para la aplicación de las técnicas de Realidad Aumentada empleadas. La inicialización de esta escena tiene un tiempo variable en función de la capacidad de procesamiento de nuestro dispositivo, siendo en el caso de dispositivos antiguos de una duración un tanto excesiva, pero sin casi retardo en los más modernos. Esto es debido a la carga de la cámara y demás elementos necesarios de Vuforia, no se puede optimizar por parte de los

desarrolladores. Hay que tener en cuenta que esta es una tecnología en auge y que requiere de cierta potencia para desarrollarse de manera eficaz, no obstante, el hecho de utilizar Vuforia permite que dispositivos más antiguos puedan disfrutar de ella, al contrario que con otras herramientas de desarrollo similares.

En esta escena el visitante del museo tiene que enfocar las diferentes marcas que hay repartidas en las vitrinas del museo. Actualmente hay 14 marcas unificadas con el logo del museo, y una imagen a las que podemos enfocar, las cuales se pueden ver en el *Anexo 3* de esta memoria. Se han incluido para que se pueda probar sin necesidad de acudir al museo. También se han incluido los planos de la Escuela indicando dónde se encuentran las diferentes marcas en el museo, para tenerlas localizadas. Estas imágenes que están disponibles para su detección por la cámara están almacenadas directamente en la base de datos de la aplicación después de haberla creado con la herramienta de Vuforia *Target Manager*.



Ilustración 27. Ejemplo escena de Realidad Aumentada

Los diferentes objetos del museo que disponen de eventos de Realidad Aumentada son los siguientes:

- **Decreto de Telégrafo:** Real orden por el cual se permitía a las mujeres poder acceder a trabajar en el sector del telégrafo en España, siendo este el primer empleo de la administración pública al que la mujer tuvo acceso. En la aplicación se muestra un audio con la lectura del documento.
- **Manipulador morse (Telégrafo):** Un telégrafo es un sistema de comunicación que permite la transmisión de información por medio de impulsos eléctricos y utilizando un código de signos preestablecido. En la aplicación se muestra un vídeo donde se puede ver el uso de este objeto.
- **Siphon Recorder:** Se trata de un receptor morse impresor para cable submarino. Este objeto es el principal protagonista de una de las actividades ofrecidas por el museo a través de la historia del buque *Castillo de Olmedo*. En la aplicación se muestra un vídeo donde se cuenta la historia que hay detrás de este objeto.
- **Teléfono de sobremesa de disco:** Para marcar el dial correspondiente en estos teléfonos había que hacer girar una pieza de mineral de baquelita con marcas para cada número. En la aplicación se muestra un vídeo donde se puede ver el uso de este objeto.
- **Centralita manual, Standard:** Centralita de conmutación manual de los años 30 utilizada por las telefonistas para establecer llamadas telefónicas. En la aplicación se muestran imágenes con fondo transparente de diferentes telefonistas dependiendo de la década seleccionada superpuestas en la centralita.



- **Receptor de TV B/N Philips:** Televisión de imagen en blanco y negro comercializado en los años 60 de la marca Philips. En la aplicación se muestra un vídeo de la TVE de los años 60.
- **Receptor de Galena Radio Ibérica:** Radio original de los años 20. En la aplicación se muestra un audio donde se puede escuchar el sonido original de este objeto.
- **Radio Cassette Sanyo:** objeto para grabación y reproducción de sonido o vídeo en cinta magnética, utilizado entre 1970 y principios de 1990. En la aplicación se muestra un vídeo donde se puede ver el uso de este objeto.
- **Fonógrafo:** Un fonógrafo es un dispositivo dotado de un sistema que permite registrar y reproducir sonido de manera mecánica. En la aplicación se muestra un vídeo donde se puede ver el uso de este objeto.
- **Gramófono portátil Ica-fono:** primer aparato de grabación y reproducción de sonido que usaba un disco plano. En la aplicación se muestra un vídeo donde se puede ver el uso de este objeto.
- **Magnetófono Akai:** Equipo que funciona con cintas magnéticas para reproducir sonido. Los hay de varios tipos, los de bobina abierta, los de casete o los de cartucho. Este es del primer tipo. En la aplicación se muestra un vídeo donde se puede ver el uso de este objeto.
- **Tocadiscos Picú estéreo:** Dispositivo utilizado para reproducir sonido del tipo electromecánico analógico, sucesor del gramófono. En la aplicación se muestra un vídeo donde se puede ver el uso de este objeto.
- **Emisora EAJ30 Radio Onteniente:** Objeto con el que Salvador Miquel Lluch llevó a cabo la primera transmisión experimental de radio en el año 1923 en Ontinyent, pequeño pueblo de la comunidad valenciana. En la aplicación se muestra un vídeo transparente donde se explica la historia que hay detrás de esta emisora.
- **Imagen de Lenna:** Portada central de la revista Playboy en noviembre de 1972. Se pueden superponer 3 imágenes encima de la cara de Lenna.
- **Estación radiotelegráfica y radiotelefónica Marconi:** Se empleaba para transmitir señales telegráficas a través de señales de radio. En la aplicación se muestra un audio de una transmisión morse cuyo contenido es “Bienvenidos al museo”.

La siguiente funcionalidad a la que se puede acceder desde el menú es la de *Actividades* la cual enlaza directamente al apartado de la web del museo referente a las actividades disponibles para realizar cuando se visita el mismo. Por el momento la visita al museo ofrece tres actividades:

La primera trata sobre interactuar con dos reflectores parabólicos situadas en el exterior de la escuela, que concentran las ondas sobre el foco y sirven como antenas receptoras o transmisoras.

El objetivo de esta actividad es estudiar su funcionamiento mediante el trabajo en equipo. Un visitante se tiene que situar en una de las antenas y hablar por el foco, mientras el compañero debe esperar y escuchar su voz desde el foco de la otra antena y comprobar que se escucha como si estuviese a su lado.



Ilustración 28. Actividades (Web del museo)

La segunda Actividad trata sobre la historia de la reparación de un cable submarino desde el buque *Castillo de Olmedo*. El cable submarino Valencia-Palma de Mallorca, establecido en 1923, estaba averiado en agosto de 1951. Consiste en la realización de un conjunto de actividades sobre este hecho a cumplimentar antes, durante y al finalizar la visita.

La última actividad que es posible realizar en el museo consiste en repartir inicialmente a los visitantes un documento con una serie de equipos que se encuentran distribuidos en el museo, seguidos de una breve descripción. El reto consiste en ser capaz de encontrar el máximo posible durante la visita.

Para la opción *Museo* se elaboró un video de introducción que detalla el propósito de este. Se realizó editando diferentes imágenes contenidas en la web del museo referentes a aparatos tecnológicos del ámbito de las telecomunicaciones, junto a un audio de introducción para ser escuchado antes de visitar el museo.



Ilustración 29. Escena "Museo" de la aplicación

El último botón disponible, *Información*, lleva a la última escena de la aplicación. Esta es una ventana informativa acerca de la herramienta, de su propósito, información de sus creadores, diferentes agradecimientos y que incluye los diferentes logos necesarios para la futura publicación de la aplicación. Estos logos serían los siguientes: logo del Museo de la Telecomunicación, el logo de la Escuela, el logo de los Museos UPV y el logo de la UPV. Esto se puede observar en la *Ilustración 30*.

Debajo del texto informativo se ha incluido un botón para acceder directamente a la web del museo en busca de más detalles sobre el mismo.



Ilustración 30. Escena "Información" de la aplicación

El texto que se muestra en la escena *Información* de la aplicación es el siguiente:

“Bienvenido a ARMuseoTelecom, la app del Museo de Historia de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra.

Esta aplicación te permite profundizar en los contenidos y las actividades del Museo mediante el uso de las nuevas tecnologías, enriqueciendo la experiencia de la visita con técnicas de Realidad Aumentada. Con la app interactuarás con los objetos del museo conociendo su funcionamiento y su historia.

¡Esperamos que la disfrutes!

Puedes encontrar más información en nuestra Web.

Edita:

Museo de Historia de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra

Créditos:

Esta aplicación ha sido desarrollada como parte de los Trabajos Fin del Grado de Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación de los estudiantes de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València Antonio Castellano López y Ángel Martínez Muñoz bajo la tutorización de María Carmen Bachiller Martín y José María Monzó Ferrer.



Agradecimientos:

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Universitat Politècnica de València

Fondo de Arte y Patrimonio. Vicerrectorado de Alumnado y Extensión Universitaria. Universitat Politècnica de València

Dirección General de Cultura i Patrimoni. Conselleria d'Educació, Investigació, Cultura i Esport de la Generalitat Valenciana.”

5.2 Resultados Test

Respecto a las pruebas realizadas se han obtenido un total de 8 tests, debido a que la aplicación no se encuentra aún disponible en Google Play y el proceso de instalación es costoso. A pesar de tratarse de una muestra pequeña no hemos tenido resultados negativos que haya provocado tener que afrontar nuevos problemas.

En los resultados de la *Tabla 2* se puede ver los resultados obtenidos respecto a la correcta detección de las marcas, estos datos se deben ir cumplimentando durante la visita. Únicamente dos personas tuvieron problemas con una de las marcas, la de la TV. Para mejorar esto se decidió cambiar la posición de la marca, para hacer más sencilla su detección, y cambiar la posición del evento para que siguiese ajustado correctamente a la televisión expuesta.

Tabla 2. Resultados Test- funcionamiento marcas

Marcas que han fallado durante la visita	Falla	No falla
Telégrafo	0	8
Orden ministerial telégrafos	0	8
Centralita teléfono	0	8
Cable submarino	0	8
Teléfono de baquelita	0	8
Radio galena	0	8
Fonógrafo	0	8
Gramófono	0	8
Casete	0	8
Magnetófono	0	8
Tocadiscos	0	8
Televisión	2	6
Lena	0	8
Emisora Ontinyent	0	8
Transmisor-receptor morse	0	8

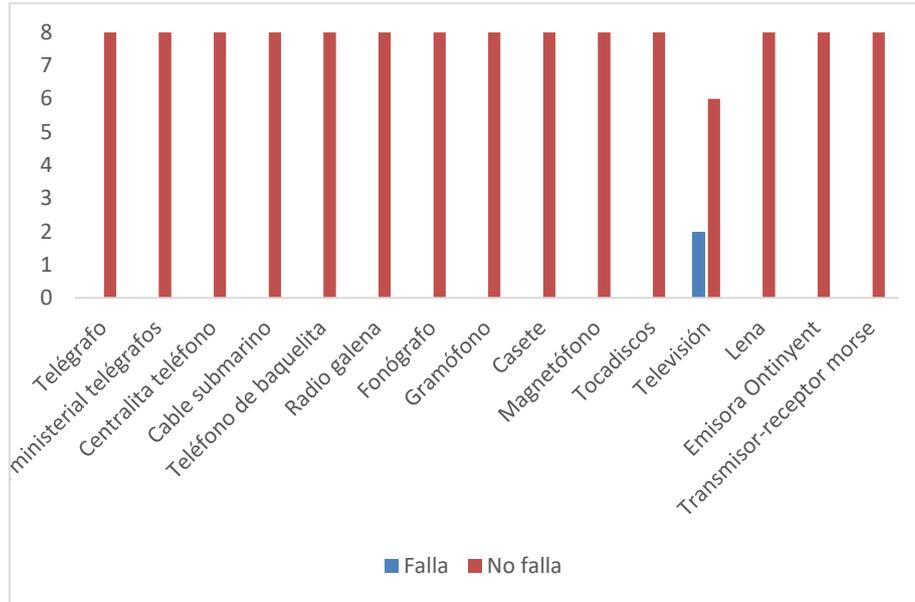


Figura 2. Resultados Test- funcionamiento marcas

Respecto a las preguntas a cumplimentar después de haber realizado la visita nos encontramos con dos apartados diferentes, uno referente a datos objetivos respecto al buen rendimiento de la aplicación (*Tabla 3*) y otro centrado en la valoración de la visita, basada en la experiencia personal de cada persona (*Tabla 4*), de la que se puede deducir un nivel de satisfacción de los usuarios. Observando los resultados de la *Tabla 3* vemos que la aplicación funciona sin dar problemas a los usuarios, y los pocos problemas que pueden haber surgido se han resuelto, caso de la marca de TV que se puede ver también en la *Tabla 2*, o eran esperados, como problemas con la instalación debido a que aún no se encuentra en Google Play o problemas de lentitud en dispositivos menos potentes.

Para finalizar, y tomando como referencia los resultados de la *Tabla 3*, se puede deducir un alto grado de satisfacción en la visita de los usuarios de prueba. La mayoría ha respondido positivamente a preguntas como si se instalarían la aplicación, si han aprendido más utilizándola (uno de los objetivos del proyecto) y a que les resultaba fácil de utilizar. Por tanto, podemos hablar de que la prueba de la aplicación ha sido un éxito.

Tabla 3. Resultados Test - preguntas tras la visita

PREGUNTAS TRAS LA VISITA

	Si	No	A veces
La aplicación funciona en mi móvil	8		
El vídeo se ve	8		
El vídeo se ve, pero el audio no se escucha	1	7	
El audio se escucha	8		
La aplicación va lenta y los contenidos van a saltos	2	6	
He tenido problemas con la instalación	3	5	
Las marcas se detectan bien	6		2



Figura 3. Resultados Test - preguntas tras la visita

Tabla 4. Resultados Test - valoración tras la visita

VALORA LA EXPERIENCIA (0 negativa a 5 muy positiva)

	1	2	3	4	5	No opino
¿Te ha gustado la experiencia?			1	2	5	
¿Te resulta más atractivo el contenido del museo con esta aplicación?				3	5	
¿Te instalarías la aplicación si fueras a un museo que la tuviera para descargar?			2	1	5	
¿Has aprendido más gracias a la aplicación?				6	2	
¿Te ha parecido fácil su uso?				2	6	
¿Te ha parecido fácil la instalación?		1		2	5	
% Total	0,00%	2,08%	6,25%	33,33%	58,33%	0,00%



Figura 4. Resultados Test - valoración tras la visita

Capítulo 6. Conclusiones y líneas futuras

6.1 Conclusiones

Tomando como referencia los objetivos que nos marcamos para cumplir, expuestos en el primer apartado del documento, podemos concluir que hemos alcanzado todos ellos. Para algunos han surgido más complicaciones de las esperadas, pero hemos logrado sobreponernos y buscar soluciones alternativas a las iniciales para poder llegar a ellos.

La afirmación de que se han cubierto los objetivos no surge de la nada o simplemente de una apreciación personal. Para confirmarlo se estableció precisamente otro objetivo, el de realizar pruebas piloto, que nos diese información acerca de si el resto de los retos se habían logrado. Estas pruebas se llevaron a cabo con éxito, y se han analizado en el apartado anterior.

Para la realización completa del proyecto se ha realizado una extensa investigación sobre el estado actual de la Realidad Aumentada, sus aplicaciones en diferentes ámbitos donde más incidencia está logrando debido a las mejoras de procesos que aporta, centrándonos en mayor medida en su aplicación en centros culturales, pero sin dejar de lado otros sectores importantes como educación, turismo e industria. Valorando, además, sus grandes éxitos de cara al gran público, tratando de descubrir el motivo de su éxito, y analizando sus posibilidades y previsiones de cara a un futuro relativamente cercano, exponiendo las razones que demuestran que se trata de una tecnología con gran futuro, ligada al próximo crecimiento de otras, como puede ser el sector de dispositivos móviles y estándares de comunicación, que la hacen ser una gran opción por la cual apostar e invertir.

Se ha mejorado la apariencia estética de la aplicación, adaptándola a diversos tamaños de pantalla, para que no haya problema al usarlo desde algún dispositivo en concreto que tenga un formato de pantalla poco habitual, y se han logrado añadir todas las funcionalidades planteadas al inicio del proyecto. Para lo que ha sido necesario aplicar unos criterios para la selección y distribución de los diferentes elementos basándonos en la organización actual del museo, de cara a que la experiencia que tengan las visitas sea positiva. También se abordó con éxito un rediseño de las marcas de Realidad Aumentada, aunque la solución adoptada no era la planteada inicialmente, conseguimos, con otra diferente, lo que pretendíamos. Se quería investigar, diseñar e implementar *Vumarks*, pero después de investigar decidimos seguir trabajando con los *Image Target* realizando en ellos cambios significativos y modificando además la configuración de *Vuforia*, consiguiendo un resultado muy satisfactorio y ahorrando costes temporales y económicos que se derivarían del trabajo con *Vumarks*.

Todo esto hace que esté lista para publicar en la tienda digital de aplicaciones para Android, Google Play, la primera versión de la aplicación, para lo que se ha investigado y detallado en este documento los pasos a seguir y las peculiaridades a tener en cuenta al tratarse de un desarrollo realizado con Unity y *Vuforia*.

El último objetivo planteado en este proyecto fue el de validar y analizar todo el trabajo visible realizado, mediante la realización de diversas pruebas, tanto internas, de los propios creadores de la aplicación, como de estudiantes de colegios de secundaria que vendrían a visitar el museo. Los estudiantes que realizaron las visitas probando la aplicación la evaluaron mediante la cumplimentación de un cuestionario al final de la visita. Este cuestionario trataba tanto temas funcionales de la aplicación, para tener información sobre posibles bugs dependiendo de modelo y versión del sistema operativo de algún dispositivo, y otras basadas en la experiencia vivida, con las que se intenta deducir si la visita ha sido agradable, didáctica y si creen que es una buena decisión la implementación de esta herramienta, así como posibles sugerencias para tener en cuenta de cara a futuras versiones de la aplicación.

En vista de los datos presentados en el apartado anterior se puede desprender que las pruebas han sido todo un éxito.

6.2 Líneas futuras a partir de los resultados

Apostar por este tipo de tecnologías y más para aplicarlas en este tipo de espacios culturales es una gran forma de poner en valor elementos antiguos de la historia de las telecomunicaciones mediante los nuevos descubrimientos. Esto puede provocar que más personas se interesen por este tipo de tecnologías, al presentar estas de una forma más atractiva. Por lo que es interesante seguir ampliando contenidos y mejorando el proyecto iniciado.

Para futuros trabajos es importante investigar sobre las últimas versiones de Vuforia que vayan apareciendo con el objetivo de descubrir nuevas maneras de optimizar la aplicación y aportar mejoras que puedan surgir sobre el trabajo ya realizado en cuanto a detección. Por otra parte, se prevé hacer crecer la aplicación añadiéndole más contenidos, ya que si se visita el museo uno puede apreciar su gran riqueza y variedad de elementos interesantes de distintos campos de la telecomunicación: radiocomunicaciones, telegrafía, telefonía, imagen y sonido e instrumentación. Para hacer crecer la aplicación sería necesario plantear una solución alternativa al almacenamiento actual de contenidos.

La siguiente acción deseada es la de adaptar la aplicación actual a dispositivos que utilicen iOS, ya que la idea final es que la aplicación pueda descargarse tanto de Google Play como de la Apple Store. Uno de los motivos por los que se decidió trabajar con Unity, fue su capacidad multiplataforma, es mucho más simple desarrollar para Android y iOS de forma paralela que utilizando otros IDEs. Por tanto, se propone investigar sobre la configuración del entorno de desarrollo para esta plataforma, sus requisitos y necesidades de cambio respecto a lo que se posee en la actualidad. Se deberán realizar las pruebas y validaciones necesarias, una vez generada la aplicación. En el cuestionario de la prueba piloto ya se ha tenido en cuenta este hecho y se ha incluido un apartado donde se debe especificar el sistema operativo del dispositivo utilizado en la prueba, para posteriormente analizar de forma independiente los resultados obtenidos para uno u otro.

Actualmente, hay vídeos de una duración considerable, algunos de hasta cinco minutos, y, por consiguiente, tienen un tamaño mayor que hay que tener en cuenta. Los vídeos que más habría que tener en cuenta son: el video mostrado para el objeto *Siphon Recorder* con una duración de aproximadamente 5 min y un peso de 50Mb, y el vídeo de la emisora de radio EJ30, de menor duración, pero de un peso de 30Mb. Estos, unidos al resto de contenidos que se quieran añadir, podrían terminar por hacer que la aplicación tuviese un peso demasiado grande que a la práctica fuese un problema para las visitas. Ya que los tiempos de descarga e instalación aumentarían, y no todo el mundo estaría dispuesto a instalarse una aplicación tan grande, por lo que el objetivo funcional del trabajo realizado corre el riesgo de verse afectado.

Para solucionar este problema se podría trabajar con el almacenamiento en la nube que proporciona Vuforia. A pesar de contar con la licencia gratuita de desarrollador, que es más limitada en este aspecto, sigue ofreciendo una capacidad almacenamiento más que suficiente para el proyecto que tenemos entre manos. Podemos ver lo que nos ofrece en este sentido en la *Ilustración 11* donde se indica a que nos da acceso la licencia de desarrollador.

Toda esta migración de contenidos ya podría tener entidad para un nuevo proyecto, ya que no se trata de algo trivial, al contrario, es algo complicado y que requeriría mucho tiempo.

Se ha tratado el tema de gestión interna de los recursos de la aplicación, pero de cara a la creación de nuevos contenidos se podría pensar en diferentes tipos de eventos sobre nuevos objetos, e incluso sobre algunos ya existentes. El modo de añadir tipos de eventos diferentes a un mismo objeto ya se ha tratado aquí, por lo que quedaría por pensar, y trabajar en caso de que fuese viable, crear un nuevo tipo de evento e implementarlo. Por ejemplo, se podría barajar la posibilidad de añadir alguna animación 3D, acción descartada hasta el momento por motivos ya expuestos: su alto coste y complicación, no es algo a realizar por el alumno de la escuela, sino que requeriría de una persona externa con conocimientos en la materia, y que no se ajusta tanto como un vídeo al objetivo didáctico perseguido. Independientemente de esto, si se contase con



los recursos necesarios, podría ser un añadido divertido y atractivo de cara a las visitas, principalmente de los más jóvenes, de forma complementaria a los vídeos. Uno para cumplir el objetivo primordial de descubrir el funcionamiento real y dándole vida a un objeto de hace muchos años, que no se podría ver de otra forma, para que pueda ver que no solo es una pieza del museo, sino que tuvo utilidad en su día, y la de un diseño 3D atractivo con el que poder sorprender y mejorar la experiencia.

También podría ser una buena idea probar implementaciones de Realidad Aumentada como la de los botones virtuales, y analizar si mereciera la pena sustituirlos por los botones actuales que hay en la escena de Realidad Aumentada, en función del rendimiento obtenido con estos.

Capítulo 7. Bibliografía

7.1 Referencias bibliográficas

- [1] *Los usos y aplicaciones de la Realidad Aumentada en nuestro día a día.* (s.d.). Totemcat a Materia Works Brand. Recuperado de: <http://totemcat.com/usos-y-aplicaciones-de-la-realidad-aumentada/>
- [2] De la Torre, D. (2018). *El prometedor futuro de la realidad virtual.* Blogthinkbig.com. Recuperado de: <https://blogthinkbig.com/futuro-realidad-virtual>
- [3] Juste, M; Fernández, J. (2016). *Así utilizan la tecnología los museos españoles.* Expansión, Economía digital. Recuperado de: <http://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2016/02/12/56bdca8822601d4b438b45ab.html>
- [4] Corroto, P. (2015). *Museos: esto sí es adaptarse a la tecnología.* El diario, Cultura popular. Recuperado de: https://www.eldiario.es/cultura/politicas_culturales/Museos-adaptarse-tecnologia_0_370963719.html
- [5] Google Arts & Culture. (s.d.). Recuperado de: <https://artsandculture.google.com/?hl=es>
- [6] Muñoz, A. (2017). *Los museos se vuelcan con un nuevo visitante: el virtual.* El país, Cinco días. Recuperado de: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2017/07/27/fortunas/1501180259_640378.html
- [7] (2017). *Cómo se digitaliza la cultura (3/3): realidad virtual y aumentada en museos.* GVAM. Recuperado de: <https://www.gvam.es/realidad-virtual-aumentada-museos/>
- [8] (2018). *Augmented Reality – The Past, The Present and The Future.* Interaction Design Foundation. Recuperado de: <https://www.interaction-design.org/literature/article/augmented-reality-the-past-the-present-and-the-future>
- [9] *Augmented Reality.* (s.d.). Xinreality. Recuperado de: <https://xinreality.com/wiki/AugmentedReality#AugmentedRealityhistorytimeline>
- [10] Unity. Recuperado de: <https://unity.com/>
- [11] *Recognize and Augment Images.* (s.d.). Google Developers. Recuperado de: <https://developers.google.com/ar/develop/unity/augmented-images/>
- [12] Stackoverflow. Recuperado de: <https://stackoverflow.com/>
- [13] Vuforia Engine Developer portal. Recuperado de: <https://developer.vuforia.com>
- [14] ETSIT UPV. Recuperado de: <https://www.etsit.upv.es>
- [15] *Emil Berliner.* (s.d.). Biografías y vidas. La enciclopedia biográfica en línea. Recuperado de: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/b/berliner.htm>



7.2 Índice de tablas e ilustraciones

Ilustración 1. Imagen de "Sensorama"	8
Ilustración 2. Pantalla de carga antigua de la aplicación	11
Ilustración 3. Imágenes de Lenna	13
Ilustración 4. Ejemplo de marca antigua.....	13
Ilustración 5. Tipos de Game Objects en Unity.....	15
Ilustración 6. Escena "Menú" en Unity	16
Ilustración 7. Muestra archivo "Menu.cs" en Visual Studio	17
Ilustración 8. ImageTarget vs Vumark	18
Ilustración 9. Imagen del Target Manager.....	18
Ilustración 10. Ejemplo de base de datos creada con Target Manager	19
Ilustración 11. Obtención de licencia para Vuforia	19
Ilustración 12. Configuración entorno Android	20
Ilustración 13. Ejemplo de imagen mala para detección	23
Ilustración 14. Ejemplo de imagen con buena detección	24
Ilustración 15. Pruebas de marcas	25
Ilustración 16. Puntos claves para la detección	25
Ilustración 17. Comparación Opening antiguo y nuevo	29
Ilustración 18. Comparación Menú antiguo y nuevo	29
Ilustración 19. Player Settings Unity	30
Ilustración 20. Publishing Setting Unity	31
Ilustración 21. Creación clave de firma en Unity	31
Ilustración 22. Manage releases de la Consola de Google	32
Ilustración 23. Crear release en la Consola de Google	32
Ilustración 24. Configuración release en la consola de Google	33
Ilustración 25. Pantalla de carga de la aplicación	37
Ilustración 26. Menú principal de la aplicación	37
Ilustración 27. Ejemplo escena de Realidad Aumentada	38
Ilustración 28. Actividades (Web del museo)	40
Ilustración 29. Escena "Museo" de la aplicación	40
Ilustración 30. Escena "Información" de la aplicación	41
Tabla 1. Plan de proyecto	6
Tabla 2. Resultados Test- funcionamiento marcas	42



Tabla 3. Resultados Test - preguntas tras la visita	43
Tabla 4. Resultados Test - valoración tras la visita	44
Figura 1. Diagrama de Gantt	6
Figura 2. Resultados Test- funcionamiento marcas	43
Figura 3. Resultados Test - preguntas tras la visita	44
Figura 4. Resultados Test - valoración tras la visita	44

Capítulo 8. Anexos

8.1 Anexo 1

Cuestionario app realidad aumentada del museo

Su opinión es importante para tratar de mejorar la aplicación. La información aquí recopilada nos resultará muy útil para conocer sus valoraciones y sugerencias. La encuesta es totalmente anónima y voluntaria.

¡MUCHAS GRACIAS!

Modelo del Móvil	
Marca del Móvil	
Sistema operativo (versión)	

Señala si ha fallado la aplicación en alguna de las marcas (Durante la visita).

1. MARCAS QUE FALLAN	Falla	Observaciones
1. Telégrafo		
2. Orden ministerial Telégrafos		
3. Centralita teléfono		
4. Cable submarino		
5. Teléfono de baquelita		
6. Radio galena		
7. Fonógrafo		
8. Gramófono		
9. Casete		
10. Magnetófono		
11. Tocabiscos		
12. Televisión		
13. Lena		
14. Emisora Ontinyent		
15. Transmisor-receptor morse		

Preguntas tras la visita.

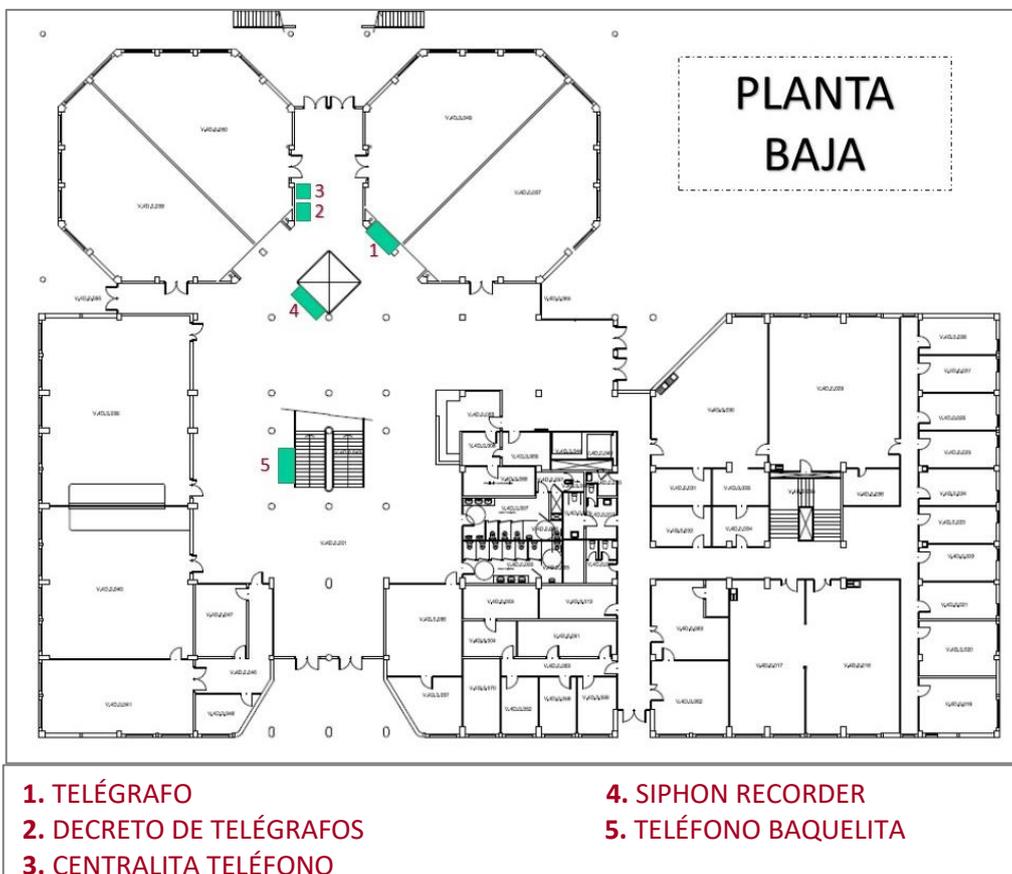
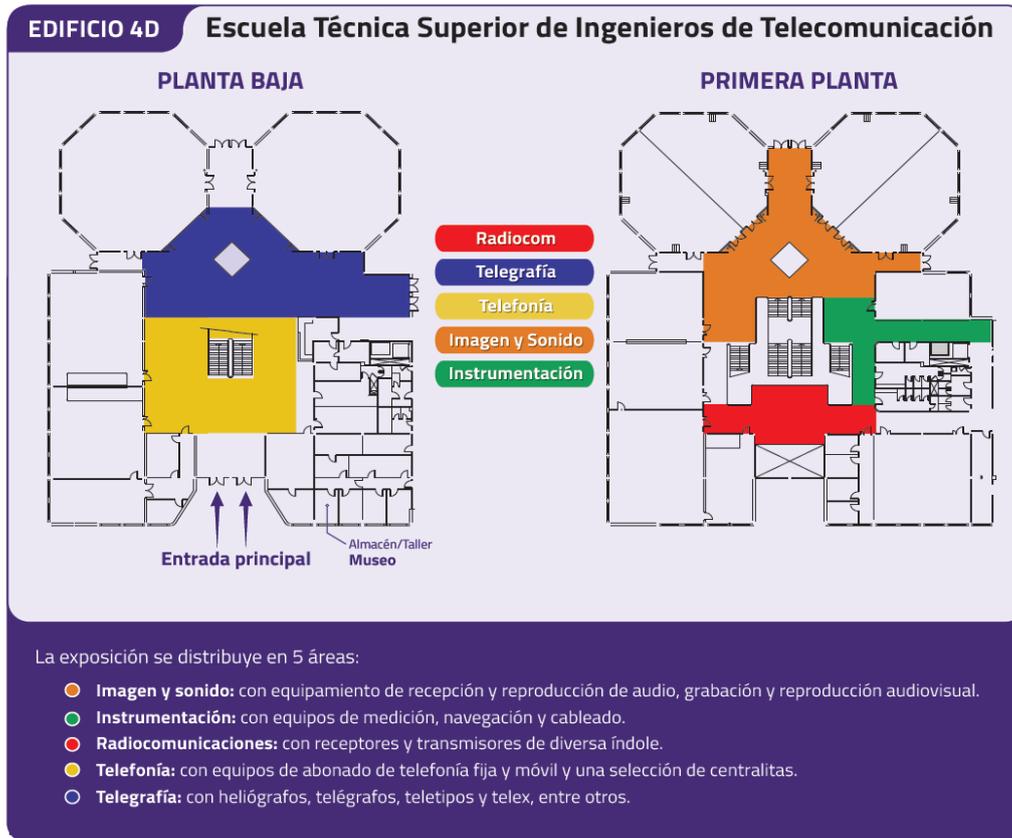
	SI	NO	A veces
La aplicación funciona en mi móvil			
El vídeo se ve			
El vídeo se ve pero el audio no se escucha			
El audio se escucha			
La aplicación va lenta y los contenidos van a saltos			
He tenido problema en la instalación			
Las marcas se detectan bien			

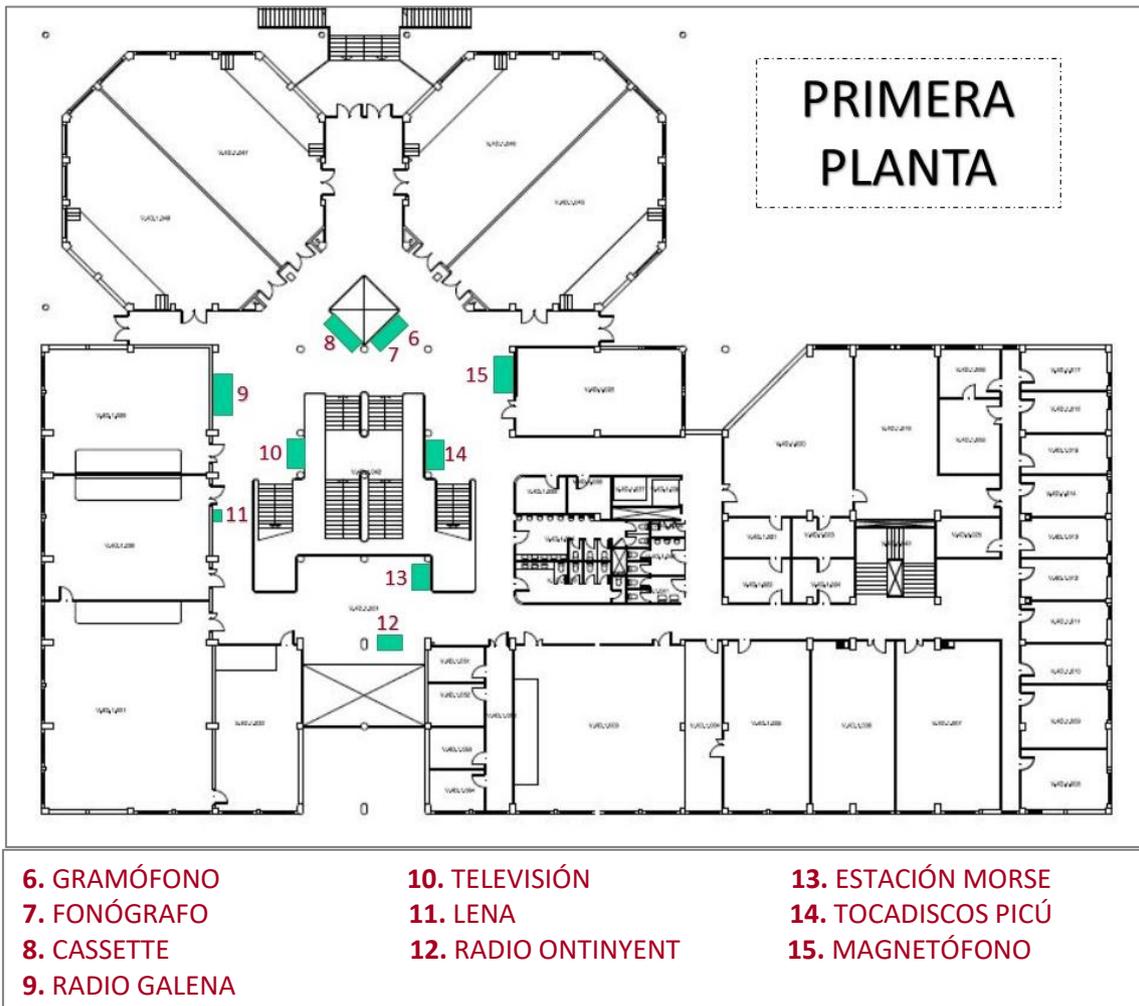
VALORA EXPERIENCIA (0 negativa a 5 muy positiva):

	1	2	3	4	5	No opino
¿Te ha gustado la experiencia?						
¿Te resulta más atractivo el contenido del museo con esta aplicación?						
¿Te instalarías la aplicación si fueras a un museo que la tuviera para descargar?						
¿Has aprendido más gracias a la aplicación?						
¿Te ha parecido fácil su uso?						
¿Te ha parecido fácil la instalación?						

COMENTARIOS Y SUGERENCIAS:

8.2 Anexo 2





8.3 Anexo 3



Ilustración 31. Televisión



Ilustración 32. Teléfono de baquelita



Ilustración 33. Telégrafo



Ilustración 34. Siphon Recorder



Ilustración 35. Decreto Telegrafistas



Ilustración 36. Telefonistas



Ilustración 37. Radio Onteniente



Ilustración 38. Radio Galena



Ilustración 39. Estación morse



Ilustración 40. Tocabiscos Picú



Ilustración 41. Magnetófono



Ilustración 42. Gramófono



Ilustración 43. Fonógrafo



Ilustración 44. Cassette



Ilustración 45. Imagen Lenna