



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería
Informática**

**título del TFG
Documentación Técnica**



Presentado por Saúl Martín Ibáñez
en Universidad de Burgos — 3 de julio
de 2020

Tutor: Pedro Luis Sánchez Ortega
Álvar Arnaiz González

Índice general

Índice general	I
Índice de figuras	III
Índice de tablas	IV
Apéndice A Plan de Proyecto Software	1
A.1. Introducción	1
A.2. Planificación temporal	1
A.3. Estudio de viabilidad	10
Apéndice B Especificación de Requisitos	15
B.1. Introducción	15
B.2. Objetivos generales	15
B.3. Catálogo de requisitos	16
B.4. Especificación de requisitos	16
Apéndice C Especificación de diseño	23
C.1. Introducción	23
C.2. Diseño procedimental	23
C.3. Diseño arquitectónico	24
C.4. Diseño de interfaz	25
Apéndice D Documentación técnica de programación	33
D.1. Introducción	33
D.2. Estructura de directorios	33
D.3. Manual del programador	34

D.4. Compilación, instalación y ejecución del proyecto	39
D.5. Pruebas del sistema	39
Apéndice E Documentación de usuario	41
E.1. Introducción	41
E.2. Requisitos de usuarios	41
E.3. Instalación	41
E.4. Manual del usuario	41
Bibliografía	43

Índice de figuras

B.1. Diagrama de casos de uso.	17
C.1. Diagrama de secuencia del proceso de buscar un marcador. . . .	24
C.2. Arquitectura XR de Unity.	25
C.3. Prototipo del menú principal de la aplicación.	26
C.4. Prototipo del menú de juegos de la aplicación.	27
C.5. Prototipo del menú de tipos de plantas disponibles.	28
C.6. Prototipo de la interfaz en modo AR.	29
C.7. Prototipo de la interfaz en modo AR.	31
D.1. Paso 1: Seleccionar la versión de Unity	35
D.2. Paso 2: Seleccionar	35
D.3. Instalación Vuforia en Unity paso 1.	37
D.4. Instalación Vuforia en Unity paso 2.	38

Índice de tablas

A.1. Costes Personal.	11
A.2. Costes hardware.	12
A.3. Costes software.	12
A.4. Costes Totales	13
A.5. Licencias Software	13
A.6. Componentes usados en Unity	14

Apéndice A

Plan de Proyecto Software

A.1. Introducción

Para la organización del trabajo se ha utilizado GitHub¹ con la extensión de ZenHub² para facilitar el seguimiento de las issues gracias a las opciones que ofrece la extensión.

En el siguiente enlace se encuentra el repositorio del trabajo: https://github.com/smi0010/TFG_Herramientas_Realidad_Aumentada.

A.2. Planificación temporal

En un principio, se ha llevado a cabo una reunión a la semana para cada sprint, en la que se exponían los avances realizados durante el sprint de la semana y la planificación del siguiente.

A continuación se explicarán un resumen de los sprints que se han ido desarrollando durante el proyecto.

Sprint 0 (15/01/2020-22/01/2020)

Durante la primera reunión, estuvimos hablando sobre el objetivo del proyecto, de que visión teníamos sobre él, y de hacia donde le podríamos dirigir. Las tareas que se hicieron fueron sobre la creación del repositorio y la instalación de L^AT_EX para la documentación. También comencé a investigar

¹<https://github.com>

²<https://www.zenhub.com/>

sobre diferentes herramientas de realidad aumentada de forma general, para poder compararlas y ver las ventajas y desventajas que tienen.

Sprint 1 (22/01/2020-29/01/2020)

Durante este sprint, hemos acordado ir mejorando y completando la investigación respecto las herramientas de realidad aumentada que tenía seleccionadas. Para este sprint decidí centrarme en las herramientas Vuforia y Mergecube. También como uno de los objetivos del TFG es trabajar con Unity para la creación de ejemplos/proyectos, he incluido una pequeña introducción sobre Unity y los pasos necesarios para su instalación.

Sprint 2 (29/01/2020 - 5/02/2020)

Durante el segundo sprint me centré en documentar sobre las diferentes técnicas de realidad aumentada que se utilizan por la mayoría de herramientas. También en documentar las herramientas de ARCore y ARKit.

Otro de los puntos que tratamos, fue sobre posibles ideas para la elaboración de un ejemplo en el que poner a prueba las herramientas AR. Surgió la idea de realizar una especie de juego o aplicación «educativa» que pueda servir como inicio a la programación. Aunque esta idea nos dimos cuenta que depende de cómo la enfoquemos puede ser demasiado compleja y amplia como para hacer un ejemplo sencillo.

Sprint 3 (5/02/2020 - 12/02/2020)

Me centré en la documentación de las herramientas de Kudan y 8thwall. Debido que estuve enfermo gran parte de la semana no pude avanzar más.

Sprint 4 (12/02/2020 - 26/02/2020)

Durante este sprint decidí centrarme en las herramientas de Wikitude, OpenCV, ZapWorks, y en realizar también correcciones y mejoras de la documentación que el tutor había señalado. También estuve pensando en posibles ideas para realizar un ejemplo aplicando las herramientas de realidad aumentada.

Sprint 5 (26/02/2020 - 04/03/2020)

Se estuvo hablando respecto al ejemplo, para empezar ya con él. Sobre la idea de hacer un pequeño juego en el que hay un «laberinto» y que el

usuario tuviera que resolver el camino moviéndose por comandos de una forma similar a una programación por blocking pero simplificado, todo esto aplicado con las herramientas de realidad aumentada.

Dado que aún la idea parecía algo incompleta y complicada de ajustar a las herramientas de realidad aumentada, vamos a intentar primero un ejemplo mas sencillo, este sería uno en la que poder ver las fases de crecimiento en una «planta». Durante el sprint probare a poder usar la cámara de forma que sea como una regadera, así cuando este encima del Mercube donde estaría la planta virtual, se simule en realidad aumentada, que cae agua desde la cámara del teléfono hacia la planta. Otra forma pensada mas simplificada, sería simplemente añadir en pantalla un botón, que al presionarle se simule que cae agua sobre la planta sin tener que mover el teléfono.

Sprint 6 (04/03/2020 - 11/03/2020)

Durante la reunión de este sprint mostré los primeros pasos que había realizado del ejemplo a desarrollar en Unity para aplicar herramientas AR. También comenté mis ideas sobre como continuar y los puntos en que me quería centrar durante este sprint.

Centrarme en poder detectar las partículas que simulan ser agua, cuando estas colisionan con un objeto determinado. Y que contando el número de contactos poder determinar la progresión para poder pasar a otra etapa o nivel. También hacer uso del sensor giroscopio del móvil, para determinar con la inclinación del dispositivo la cantidad de partículas que caen.

Como la idea del ejemplo sería seguir el crecimiento de una planta en realidad aumentada desde un punto educativo, pensamos en que aparte de poder echarle agua, también se podría cambiar entre diferentes opciones, como abonos, sulfatos, etc. También se podrían considerar establecer normas del tipo, escoger la temporada en la que se planta, si necesita que le quiten malas hiervas, etc. Por lo que habría que incluir una forma de cambiar entre esas diferentes opciones.

Otro de los aspectos que he estado mirando, es mejorar el posicionamiento virtual del objeto 3D en el marcador. Ya que con la primera configuración que he probado, cuando se mueve la cámara (el móvil) el objeto se mueve de su posición demasiado y no queda estable.

Sprint 7 (11/03/2020 - 18/03/2020)

Durante la reunión de este sprint mostré los avances que había realizado sobre el ejemplo de la aplicación. También les expliqué que estuve realizando varias pruebas añadiendo las funcionalidades del SDK de MergeCube en la aplicación. Consiguiendo mejorar los resultados con el uso conjunto de Vuforia + Mergecube, que únicamente con Vuforia.

Otro de los aspectos tratados fue sobre la herramienta de CoSpace, la necesidad de explicar las ventajas de su uso, para explicar su viabilidad económica.

Durante la semana realicé algunos avances en la documentación, y estuve solucionando un bug en el uso del giroscopio. El bug en cuestión se traba de que el eje de gravedad de las partículas, no coincidía con el eje de gravedad normal. El problema resultó ser que, el parámetro «Simulation Space» debía de estar con la opción Word. Otro problema de este bug, era que el eje Z, no tenía la interpretación deseada para nuestro ejemplo. Para esto en el script del giroscopio, se modificó para invertir el eje Z.

Sprint 8 (18/03/2020 - 25/03/2020)

En este Sprint, la reunión se tuvo que realizar por videoconferencia, debido a la cuarentena en la que se encontraba el país durante esos días. Expliqué los avances que había realizado en la documentación y algunas de las dudas que me habían surgido sobre como debería avanzar en ciertos puntos de la documentación. También expliqué sobre el bug que había corregido en la aplicación, aunque no puede mostrárselo ya que al ser la reunión online no pude preparar un vídeo para enseñarlo.

Para este sprint seguí avanzando en la documentación, me centré en especificar los requisitos y objetivos de la aplicación. También diseñé en unas imágenes un prototipo de la interfaz. En la aplicación trabajé en añadir diferentes fases del crecimiento de una planta, que cuando se completa el progreso de una fase salta a la siguiente.

Sprint 9 (25/03/2020 - 01/04/2020)

Durante el sprint de esta semana me he centrado en dotar a la aplicación de un prototipo de la interfaz y de menú funcional. En la interfaz el principal punto en que me he centrado, ha sido el de realizar una barra de progreso, la cual se rellena a medida que el nivel es completado. En el menú, me he

centrado entre la navegación entre los diferentes niveles del menú, y el más importante, que desde el menú se pueda inicializar el juego correctamente.

También se ha investigado sobre la posibilidad de que la aplicación mande un fichero o un mensaje, a un servidor o página web. Esto serviría para realizar un encuesta de opinión de la aplicación sin tener que salir de ella.

Sprint 10 (01/04/2020 - 15/04/2020)

Como objetivo durante el sprint tenía mejorar la interfaz, principalmente con la opción de poder activar y desactivar las herramientas del juego y añadir ventanas emergentes en las que se podría leer información de ayuda para el usuario. También centrarme en mejorar algunos de los apartados en la documentación. Otro de los puntos era el hacer pruebas en CoSpaces, intentando realizar un ejemplo similar al que se está desarrollando en Unity y poder hacer comparaciones.

Sprint 11 (15/04/2020 - 22/04/2020)

Durante este sprint me propuse por objetivos, implementar una nueva herramienta que simule una nueva función para el crecimiento de plantas sumado al de regar ya implementado. En concreto trataría de representar el uso de un tipo de fertilizante. Para completar esto, han surgido también los objetivos de completar las condiciones por las que se considera una fase completada y se puede iniciar la siguiente fase, ahora por ejemplo para completar una fase aparte de recibir cierta cantidad de agua, también debería de haber recibido fertilizante. Y también el objetivo de actualizar la interfaz para que puede representar la nueva funcionalidad, la idea sería que en la barra de progreso cuando se utilice el fertilizante, quede reflejado de alguna forma, para que así el usuario vea que se ha usado.

Sprint 12 (22/04/2020 -29/04/2020)

Para este sprint durante la reunión mostré los avances sobre la aplicación. Mientras explicaba los avances, expliqué también algunos pequeños bugs que me estaba encontrando. Los objetivos para este sprint son los bugs que se han encontrado, el primero se trata de un bug en la animación de la herramienta, el cual consiste que al terminar dicha animación el objeto se queda en la posición final, la herramienta debería volver a su posición de origen para poder usarla nuevamente. Otro de los bugs se trata de que no se distinguía correctamente si un sistema tiene el sensor del giroscopio, por

lo que, en caso de no tenerlo, no se configura correctamente y las partículas que se deberían ver afectadas por el giroscopio se quedan flotando. Y el otro bug se trata de uno de adaptabilidad, pues un elemento en las pruebas del entorno de desarrollo en el ordenador se ve en su posición correcta, pero al probar la aplicación en un dispositivo móvil, ese elemento no aparece en la posición correcta en pantalla y debería de poder adaptarse a cualquier tipo de pantalla.

Sprint 13 (29/04/2020 - 06/05/2020)

Los objetivos de este Sprint serán centrarse en la documentación. Principalmente he decidido centrarme en los apartados de la introducción de la memoria, el de Técnicas y Herramientas explicando sobre la experiencia de usar CoSpaces, y actualizar el apartado de los objetivos del proyecto.

Centrados en la aplicación que se esta desarrollando, se pondrán por objetivos seguir investigando posibles soluciones al bug de adaptabilidad que surge al ejecutar la aplicación en un dispositivo móvil. También añadir una nueva condición para que cada fase tenga un tiempo limite para completarla. Para ello hay que implementar un marcador que muestre el tiempo que queda y al finalizar se muestre algún mensaje para que el usuario se percate de que se ha quedado sin tiempo.

Sprint 14 (06/05/2020 - 13/05/2020)

Para el sprint de esta semana me puse por objetivos el crear un menú en realidad aumentada, de forma que se pueda cambiar entre un menú normal y el de realidad aumenta, ademas de añadir imágenes que indiquen el nombre de cada parte de la planta. También la investigación para intentar corregir dos bugs, similares en los que los elementos en pantalla se posicionan incorrectamente dependiendo de la resolución de pantalla o si se ejecuta en un dispositivo móvil impidiendo que se vean de forma correcta. Otro punto a investigar es reducir el peso de la aplicación, pues actualmente pesa más de 80MB, y hay algunos archivos que no están en uso, por lo que habría que clasificar cuales se pueden eliminar.

Otro punto a investigar se trata de añadir alguna de las otras funciones de realidad aumentada que posee Vuforia, ver cuales de las que ofrece puede ser más apropiada para complementar el ejemplo desarrollado.

Sprint 15 (13/05/2020 - 20/05/2020)

Durante la reunión mostré la implementación del menú Ar en la aplicación que había realizado en el anterior sprint. También estuve explicando las conclusiones del estudio de posibles nuevas funciones de Vuforia a usar, destaque 2, Device tracking y Crear un target personalizado temporal, por lo que uno de los objetivos para el presente sprint será implementar estas funcionalidades en la aplicación. Acorde con el objetivo de añadir estas dos nuevas funcionalidades, habría que actualizar la interfaz. Otro de los objetivos para el sprint es crear una pequeña guía para que los nuevos usuarios puedan aprender los pasos básicos del funcionamiento de la aplicación.

Sprint 16 (20/05/2020 - 27/05/2020)

En la reunión del sprint mostré un vídeo de demostración de las funciones nuevas implementadas. Se me recomendó el subir este tipo de vídeos que pueda haciendo, y adjuntarlos en la documentación.

Para este sprint el objetivo mas principal es darle un pulido a la aplicación en la interfaz y demás para que se acerque mas al lo que debería ser el producto final. Otra mejora en la aplicación será implementar la posibilidad de configurar desde el menú que tipo de realidad aumentada usar y poder ajustar otros posibles parámetros. También seguir completando y mejorando la documentación, para este sprint me centraré en el punto de la historia de la realidad aumentada y comenzaré a construir la tabla comparativa de las herramientas.

Sprint 17 (27/05/2020 - 03/06/2020)

En la semana de este sprint hemos decido poner por objetivos, seguir mejorando la aplicación, mejorando la interfaz y mas aspectos, acercándole a lo que sería el diseño final, pues aún hay botones y otros elementos que no tienen uso, o que en algún momento su único propósito era de realizar pruebas de funcionalidades o diseños. Otro de los objetivos tratará de añadir mínimo un segundo modelo de una planta, para que la aplicación pueda mostrar mas modelos. Respecto al crecimiento de las plantas también se mejorará las fases, pues ahora mismo cada fase tiene las mismas condiciones, será recomendable que cada fase estuviese ajustada a lo que podrían ser sus condiciones reales.

En la aplicación cuando en el menú se cambia entre menú normal y en realidad aumentada, el menú siempre vuelve a la página principal, se pone

por objetivo, conseguir que cuando se cambie de tipo se conserve la fase del menú. Es decir que si estoy en las opciones del menú, cuando cambie al modo de realidad aumentada siga en las opciones. Seguir mejorando los apartados de la documentación.

Sprint 18 (03/06/2020 - 10/06/2020)

Durante la reunión mostré los cambios de la interfaz del menú, y la mejora para que al cambiar entre menú normal y AR estén en la misma página. Al hacer esto me percate de un bug en el que en cierta página concreta no se cambia correctamente, con la consecuencia de que se superponen páginas. Este sera uno de los objetivos a resolver durante este sprint.

Otro de los avances que mostré los modelos de plantas que había añadido y como desde el menú se podía escoger cada una. También explique que debido al modo en el que había realizado en primer momento el script que controla el cambio de fase de las plantas, no era posible añadir mas plantas de una forma eficiente. Por lo tanto mejorar este script, para que se pueda añadir tantos modelos sean necesarios de forma eficiente y funcional será otro de los objetivos del sprint.

Otro de los objetivos será el de completar la tabla comparativa añadida en el anterior sprint y seguir mejorando apartados de la documentación.

Sprint 19 (10/06/2020 - 17/06/2020)

Para este sprint me centraré en dejar la aplicación en una versión cercana a la definitiva, para ello me concentraré en corregir los pequeños bugs que aun puedan quedar. Durante la reunión mientras mostraba los progresos de la semana anterior, nos dimos cuenta de dos bugs. El primero y mas importante, se trata de que el progreso de los niveles, no se reinicia al cambiar a otra planta, es decir en el caso de que se haya completado todas las fases o nos quedemos a la mitad, si volvemos al menú y escogemos otra planta o otro modo distinto, el progreso será el mismo de antes, por lo que no se podrá avanzar adecuadamente. Otro de los bugs vistos se trata de al finalizar el tiempo máximo del que se dispone para realizar las tareas, salta un mensaje de texto para informar de que se ha acabado el tiempo, este mensaje no se ve adecuadamente debido al encuadre y al tamaño de la fuente. También será un objetivo, el revisar la aplicación en busca de posibles bugs importantes como los indicados anteriormente para añadirlos, y resolverlos durante este sprint.

El otro punto del sprint es centrarse en los apartados de los anexos y la memoria que están menos avanzados.

Sprint 20 (17/06/2020 - 24/06/2020)

Para este sprint el objetivo principal es seguir completando la memoria y los anexos. Durante la reunión mencione en que apartados había estado trabajando, y las dudas que me habían surgido a la hora de completar algunos.

Se ha hablado también de implementar la función de realizar capturas de pantalla y que se guarden en la galería, pues en un principio se había propuesto en los requisitos y aun no se había realizado. Por lo demás en la aplicación se seguirá revisando en busca de posibles bugs o pequeños aspectos que se puedan mejorar.

Sprint 21 (24/06/2020 - 26/06/2020)

Para este sprint dado que se acercan la fecha de entrega, hemos decidido acortar la duración del sprint para acelerar el avance. Concretamente en este sprint hemos acordado el centrarnos en los apartados de El estudio de viabilidad, Los Requisitos, y del Diseño de Anexos para poder darlos por cerrados. En la memoria nos centraremos en el apartado de Trabajos relacionados.

Sprint 22 (26/06/2020 - 1/07/2020)

Durante este sprint el principal objetivo es el de avanzar en la aplicación, terminando de implementar la captura de pantalla, en intentos previos me había encontrado con algún contratiempo. También rematar algunas características que no se habían completado totalmente, en el caso de el menú algunas de las pantallas se encuentran sin enlazar a su botón correspondiente para una correcta navegación.

En los anexos el objetivo es centrarse en el apartado del manual del programador.

Sprint 23 (1/06/2020 - 3/07/2020)

En el anterior sprint uno de los objetivos era avanzar en el apartado del manual de programador, pero debido a complicaciones con otros objetivos no se ha podido realizar. Por lo que ese será el primer objetivo para este

sprint. Siguiendo la dinámica, tratar de avanzar en otros apartados de la documentación. En la aplicación teníamos previsto añadir una ayuda o guía para el usuario, para que sea más fácil su creación, se ha planteado la posibilidad de crearla en un html que se habrá y visualice desde la propia aplicación, por lo que otro objetivo trata de investigar de forma rápida, la posibilidad de hacerlo de este modo.

A.3. Estudio de viabilidad

Viabilidad económica

En este apartado se evaluara la viabilidad económica de las herramientas que se han investigado.

CoSpaces, ofrece varias tarifas aparte de la básica que es gratuita, la más barata de 69,99 € anuales y la mas cara es de 1349,99 € anuales.

La tarifa básica, ofrece la creación de una clase con capacidad para 30 personas (alumnos y profesores). En esta clase virtual, el profesor puede crear únicamente una tarea y asignarse al alumnado de forma individual o por grupos. El número máximo de profesores por clase en la tarifa básica es de uno.

La tarifa básica, permite la creación de un máximo de dos espacios, es decir un máximo de dos proyectos. En la creación de ejemplos, estos se encuentran limitados a unos pocos modelos 3D de CoSpace, y a un limitado número de opciones de programación por CoBlocks. En la tarifa básica no es posible realizar proyectos para el MergeCube.

Con la tarifa Pro de 69,99 €, el número de personas máximas para una clase, aumenta en 5, permitiendo también que haya mas de un profesor en la clase. Permite crear mas de una clase. En el apartado de espacios, la tarifa Pro, permite crear mas de dos espacios, y en estos espacios da acceso a todos los modelos 3D de CoSpace, y permite utilizar en la programación todos los bloques de CoBlocks y scripts. Si se desea utilizar el Meregecube, la licencia asciende hasta los 79,99 €.

El resto de tarifas que posee CoSpaces, su principal característica es el número de personas simultáneas para una clase que puede tener, subiendo en la última tarifa hasta 400 personas adicionales.

La tarifa que sería recomendable se trata de la primera ofertada en el plan Pro, ya que aunque se vaya a utilizar con un número de alumnos superior al ofertado, sería posible organizarse por turnos.

Concepto	Coste
Salario Bruto	1300 €
Seguridad social(Empresa 29,9 %)	388,7 €
Coste mensual	1688,7 €
Coste Total	10132,2 €

Tabla A.1: Costes Personal.

Costes Personal

El proyecto ha sido desarrollado por una única persona, durante un periodo de 6 meses a tiempo parcial. Se considerará un salario de 1300€.

Para calcular los porcentajes de cotización de la seguridad social, se tendrá en cuenta los datos de cotización 2020 [2]:

- Por parte de la empresa:
 - Contingencias Comunes (Empresa): 23,6 %
 - Formación Profesional (Empresa): 0,6 %
 - Desempleo de tipo general (Empresa): 5,5 %
 - Fondo de Garantía Salarial (Fogasa) 0.2 %
 - Total 29,9 %:
- Por parte del empleado:
 - Contingencias Comunes (Trabajador): 4,7 %
 - Formación Profesional (Trabajador): 0,1 %
 - Desempleo de tipo general (Trabajador): 1,55 %
 - Total 6,35 %

En la tabla A.1 se utilizaran los supuestos costes de la empresa, para calcular el coste total.

El coste de personal total será de 10132,2€.

Concepto	Coste	Amortización
MergeCube	19,99 €	19,99
Ordenador	1100 €	137,5 €
WebCam	70 €	8,75 €
SmartPhone	210 €	26,25 €
Total	1399,99 €	192,49 €

Tabla A.2: Costes hardware.

Concepto	Coste
Windows 10	145 €
CoSpaces	79.99 €/año
Total	224,99 €

Tabla A.3: Costes software.

Costes Material

Para el proyecto se ha requerido de algunos gastos en hardware y software.

- Hardware: Se tendrá en cuenta el equipo con el se ha desarrollado la aplicación, un ordenador valorado en 1100 €. Una WebCam valorada en 70 €, para realizar pruebas en el ordenador. Y un smartphone valorado en 210 €. El Mergecube con un coste de 19.99 €. Los componentes se amortizarán en 4 años. En la tabla A.2 se pueden apreciar los costes y las amortizaciones³ agrupados.
- Software: Algunas de las herramientas software que se han utilizado en el proyecto se traban de software gratuitos, o se han utilizado únicamente las pruebas o niveles gratuitos que ofrecen. Por el contrario en algunos casos ha sido necesario, recurrir al pago. Uno de los casos es con CoSpaces, realizando una prueba de un mes, a un coste de 79,9 €/año. En la tabla A.3 se pueden apreciar los costes agrupados.

Los costes totales de material, son de 417,48.

³Los costes de Amortización son calculados a 6 meses, que es la duración del proyecto.

Concepto	Coste
Personal	10132, €
Hardware	192,49 €
Software	224,99 €
Total	10549,68 €

Tabla A.4: Costes Totales

	Versión	Licencia
Unity	2019.2.19f1	Unity Personal
Vuforia	8.6.10	Gratuita y Propietaria
VisualStudio	2017	Propietaria
Gimp	2.10	GNU

Tabla A.5: Licencias Software

Costes Totales.

El coste total durante el desarrollo, es de 10549,68 €. En la tabla A.4 se pueden apreciar el conjunto de todos los supuestos costes calculados.

Viabilidad legal

En el caso de las licencias del software usado, se a aprovechado el uso gratuito. En el caso de Unity se trata de la licencia de uso personal. En el caso de Vuforia, el desarrollo de aplicaciones es gratuito, pero si se tuviese la intención de publicarla con uso comercial sería necesario acogerse a una de las licencias de pago. En la tabla ?? se encuentran recogidas el tipo de licencias usadas.

El proyecto se han utilizado recursos para Unity de licencias gratuitas. Se tratan de algunos modelos 3D, imágenes, o Fonts que contaban con una licencia Creative Commons Attribution⁴ para su uso. En la tabla ?? se encunetran recogidos los distintos tipo de recursos usados en el proyectos Unity y sus licencias.

⁴<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

	Versión	Licencia
Plants [6] ⁵	1.0	Extension Asset
Cartoon Farm Crops [8] ⁶	1.0	Extension Asset
Garden Realistic Tools [7] ⁷	1.0	Extension Assest
Girasol [5] ⁸	1.0	Creative Commons Attribution
Icono Fertilizante [3] ⁹		Licencia de Flaticon
Icono Gotas de lluvia [4]	1	Free for commercial use
Font1		
Font2		

Tabla A.6: Componentes usados en Unity

Apéndice B

Especificación de Requisitos

B.1. Introducción

En el presente anexo se detallan los objetivos generales de la aplicación desarrollada y el catálogo de requisitos funcionales y no funcionales así como los diagramas de casos de uso.

B.2. Objetivos generales

- Un objetivo es el de estudiar el estado del arte en este tipo de aplicaciones de realidad aumentada.
- Realizar una aplicación para el ámbito educativo, empleando las aplicaciones AR estudiadas.
- Utilizar MergeCube para el diseño e implementación de la aplicación.
- Como ejercicio se ha diseñado el crecimiento de una planta, en el que se representaría las principales fases del crecimiento. Sería para usar en clases de biología de primaria/secundaria.
- Que pueda usarse en el mayor número de dispositivos compatible posibles.

B.3. Catálogo de requisitos

Requisitos Funcionales

- **RF 1:** Crear una aplicación educativa.
 - **RF 1.1:** Permitir que el usuario configure el nivel.
 - **RF 1.2:**
 - **RF 1.3:** Ofrecer ayuda o tutorial.
 - **RF 1.4:** Realizar capturas de pantalla y guardarlas en el dispositivo.
 - **RF 1.5:** Permitir realizar encuestas de valoración.
 - **RF 1.6:** Acceder a la información de los sensores del dispositivo.
- **RF 2:** Modelar un ejercicio de realidad aumentada sobre el crecimiento de una planta.
 - **RF 2.1:** Representar visualmente el avance en cada fase.
 - **RF 2.2:** Representar visualmente las herramientas con las que se avanza en el juego, simulando que el dispositivo puede manejar esa herramienta.
 - **RF 2.3:** Cada fase de un nivel, estará representado por una etapa del crecimiento de una planta.

Requisitos no Funcionales

- **RNF 1:** La aplicación debe de resultar fácil de usar y intuitiva para el usuario.
- **RNF 2:** Debe tener un rendimiento aceptable, para un uso cómodo.
- **RNF 3:** Debe de ser responsiva, pudiéndose adaptar la interfaz, a la pantalla de cualquier dispositivo.

B.4. Especificación de requisitos

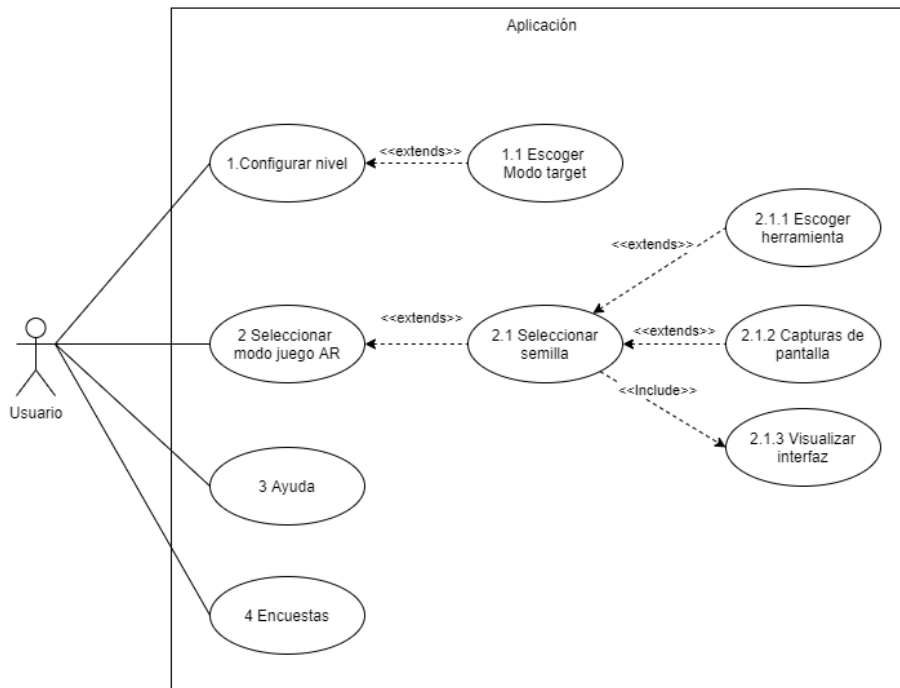


Figura B.1: Diagrama de casos de uso.

Descripción de los casos de uso

Caso de uso 1: Configurar nivel.

- **Descripción:** Configurar los aspectos básicos del juego en la aplicación.
- **Precondiciones:** Encontrarse en el menú principal.
- **Requisitos:** RF-1 RF1.1
- **Acciones:**
 1. Seleccionar en el menú el botón Opciones.
 2. Cambiar a la pantalla del menú de opciones.
 3. Escoger una de las opciones a configurar.
- **PostCondiciones:** Se ha entrado en la configuración correctamente. al salir los cambios se han guardado y hecho efectivos.
- **Excepciones:** -

Caso de uso 1.1: Escoger modo target.

- **Descripción:** Escoger el tipo de target que se usará en la aplicación.
- **Precondiciones:** haber entrado en opciones
- **Requisitos:** RF-1 RF-1.1
- **Acciones:**
 1. Elegir una de las opciones disponibles.
 2. Configurar parámetros a decisión del usuario.
- **PostCondiciones:** guardar los cambios realizados.
- **Excepciones:** -

Caso de uso 2: Seleccionar modo juego AR

- **Descripción:** Seleccionar uno de los modos de juego disponibles.
- **Precondiciones:** Encontrarnos en el menú principal.
- **Requisitos:** RF-1
- **Acciones:**
 1. Seleccionar en el menú el botón Modos de Juego.
 2. cambiar a la pantalla del menú de modos de juego.
- **PostCondiciones:** Acceder al menú de modos de juego.
- **Excepciones:** -

Caso de uso 2.1: Seleccionar semilla.

- **Descripción:** El usuario escogerá una de las semilla/planta disponibles y se iniciara el modo AR de esa semilla.
- **Precondiciones:** Haber seleccionado el modo de las plantas.
- **Requisitos:** RF-1 RF-1.6 RF-2
- **Acciones:**

1. Seleccionar en una de las disponibles.
 2. Iniciar el modo AR sobre la semilla seleccionada.
- **PostCondiciones:** Se ha iniciado el modo de realidad aumentada correctamente.
 - **Excepciones:** Si se trata de iniciar una planta aun no implementada, no se iniciará el modo AR.

Caso de uso 2.1.1: Escoger una herramienta

- **Descripción:** Escoger entre una de las diferentes herramientas «jugables» del modo AR.
- **Precondiciones:**
 1. Se ha iniciado el modo AR.
 2. Sensor de la cámara encendido.
- **Requisitos:** RF-2 RF-2.2
- **Acciones:**
 1. Pulsar botón de la esquina inferior derecha.
 2. Se desplegará una barra con botones de distintas herramientas.
 3. Escoger una de las herramientas y pulsar.
 4. Usar la herramienta seleccionada y completar sus funciones en el nivel.
- **PostCondiciones:** La herramienta sale en pantalla y es funcional.
- **Excepciones:**
 1. La funcionalidad de la herramienta ya ha sido completada.
 2. El nivel ya ha sido completado.

Caso de uso 2.1.2: Captura de pantalla.

- **Descripción:** Realiza una captura de pantalla de ese instante y la guarda en la galería del terminal.
- **Precondiciones:**

1. Se ha iniciado el modo AR
2. Sensor de la cámara encendido.

■ **Requisitos:** RF-1.4 RF-2 RF-2.1

■ **Acciones:**

1. Seleccionar captura de pantalla.
2. Seleccionar captura de pantalla.
3. Guardar en un archivo png.
4. Volver al funcionamiento

■ **PostCondiciones:**

1. Captura guardada correctamente como un archivo de imagen.
2. El modo AR sigue funcionando y no se interrumpe.

■ **Excepciones:** No hay espacio suficiente de almacenamiento.

Caso de uso 2.1.3: Visualizar interfaz.

■ **Descripción:** La interfaz del modo AR se hace visible para el usuario.

■ **Precondiciones:** Entrar en el modo jugable AR

■ **Requisitos:** RF-2 RF-2.1 RF-2.2 RF-2.3

■ **Acciones:**

1. Entrar en el modo AR.
2. Cargar interfaz

■ **PostCondiciones:**

1. La interfaz ha sido cargada correctamente.

■ **Excepciones:** Error al cargar el modo AR.

Caso de uso 3: Ayuda.

- **Descripción:** Proporciona una guía o ayuda básica a los usuarios, respecto al uso de la aplicación.
- **Precondiciones:** -
- **Requisitos:** RF-1 RF-1.3
- **Acciones:**
 1. Seleccionar en el menú el botón Ayuda.
 2. Cambiar a la pantalla del menú de Ayuda.
- **PostCondiciones:** La ventana que muestra la información de ayuda, ha cargado correctamente.
- **Excepciones:** -

Caso de uso 4: Encuestas

- **Descripción:** Al completarse un nivel se da la posibilidad de realizar una encuesta sobre la app.
- **Precondiciones:** Completar un nivel.
- **Requisitos:** RF-1 RF-1.5
- **Acciones:**
 1. Finalizar un nivel.
 2. Entrar en link de la encuesta.
 3. Redirigir a la página, usando el navegador del dispositivo.
 4. Contestar las preguntas.
- **PostCondiciones:** Se ha redirigido a la pagina de la encuesta..
- **Excepciones:** No hay conexión a Internet, por lo que no se puede acceder a la encuesta.

Actores

- **Usuario:** Usuario que hará uso aplicación.

Apéndice C

Especificación de diseño

C.1. Introducción

Para este apartado se presentarán los diseños que se han seguido para el desarrollo de la aplicación.

C.2. Diseño procedimental

En la figura ?? se muestra un diagrama de secuencia, en el que se puede observar el comportamiento básico de la aplicación a la hora de buscar, detectar un marcador y renderizar su modelo asociado. Para crear el diagrama se ha usado la herramienta online Draw.io¹.

¹<https://app.diagrams.net/>

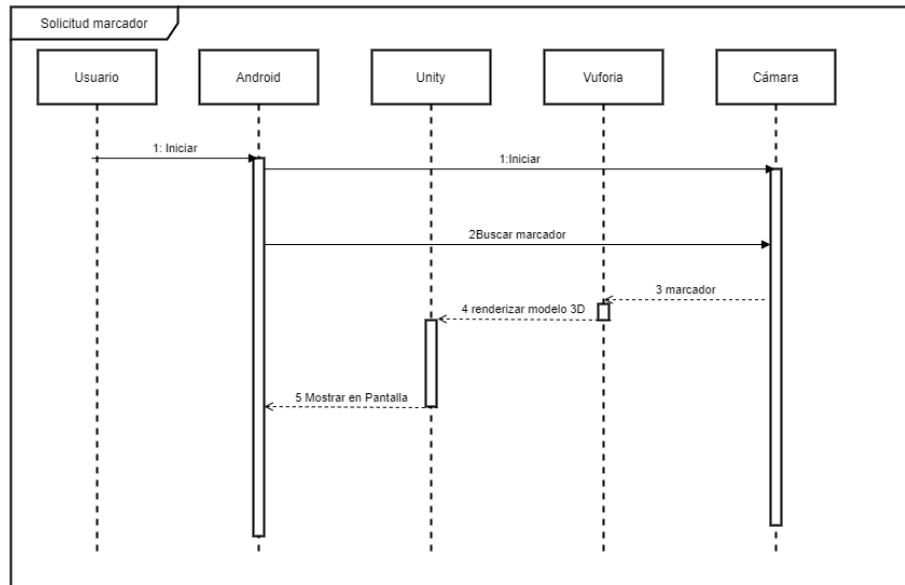


Figura C.1: Diagrama de secuencia del proceso de buscar un marcador.

C.3. Diseño arquitectónico

Dado que se trata de una aplicación desarrollado en Unity la estructura que sigue viene dada por defecto propiamente por Unity. En la imagen [C.2](#) podemos ver una sencilla representación de la estructura de Unity con respecto al plugin de Vuforia.

La plataforma XR de Unity se trata de una capa dedicada específicamente al control de tecnologías de realidad aumentada y realidad virtual, con el objetivo conseguir una mayor compatibilidad y facilidades de desarrollo para software de extensión. Hasta la versión 2019.3 de Unity, Vuforia contaba con soporte integrado en Unity por defecto, apartir de dicha versión es necesario descargar Vuforia Engine desde el Portal de desarrolladores de Vuforia.

El sdk de Vuforia interactua directamente con Unity XR, para el uso de los recursos de realidad aumentada (Cámara, targets...).

El Unity Core será el encargado del renderizado general de los recursos y demás funciones de Unity.

Por ultimo el sdk de Android interactuara con Unity para realizar la compilación del APK y poder un correcto porte para una aplicación Android.

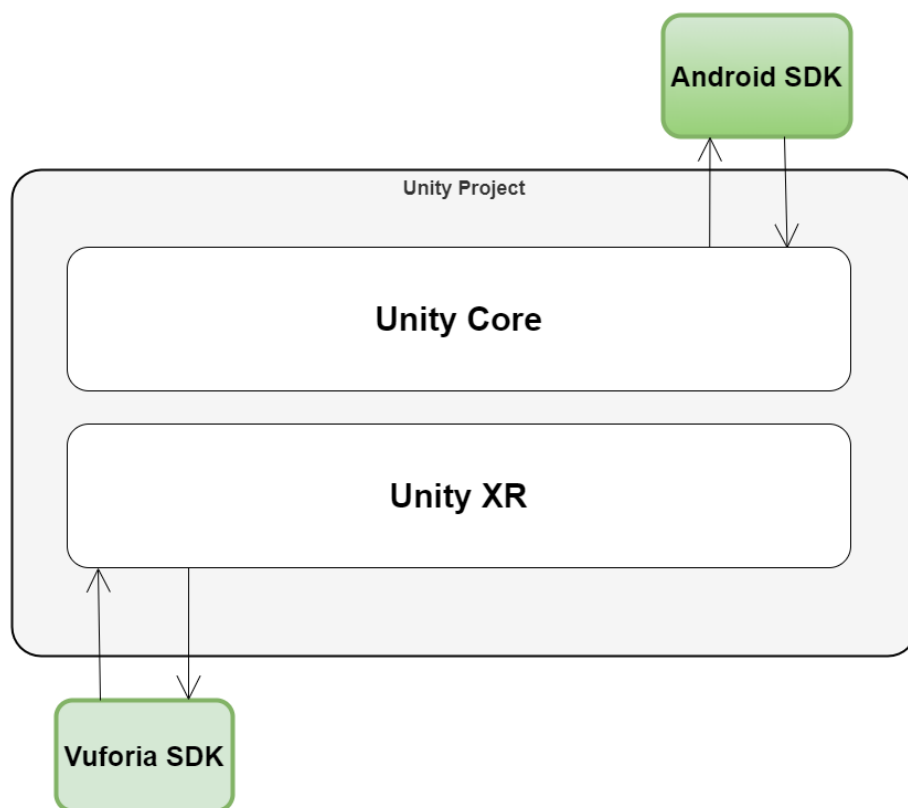


Figura C.2: Arquitectura XR de Unity.

C.4. Diseño de interfaz

En las siguientes imágenes se pueden ver, el prototipo de interfaz pensado para la aplicación.

En las figuras C.3, C.4 y C.5 se muestra un prototipo de los menús de la aplicación. En la segunda, se puede escoger diferentes modos de juego, por el momento en esta aplicación únicamente se está desarrollando un modo de juego. Otra posibilidad para los menús, sería integrarlos por realidad aumenta en el MergeCube, teniendo que girarle y jugar con él para navegar por el menú.

En las figuras C.6 y C.7, se muestra un prototipo de la interfaz del juego. Tendríamos botones para seleccionar las diferentes herramientas posibles en la parte inferior. Y en la parte superior una barra de progreso, para indicar el progreso de cada fase. Para regresar al menú principal se podría usar los botones del terminal o añadir uno a la interfaz también.



Figura C.3: Prototipo del menú principal de la aplicación.



Figura C.4: Prototipo del menú de juegos de la aplicación.



Figura C.5: Prototipo del menú de tipos de plantas disponibles.

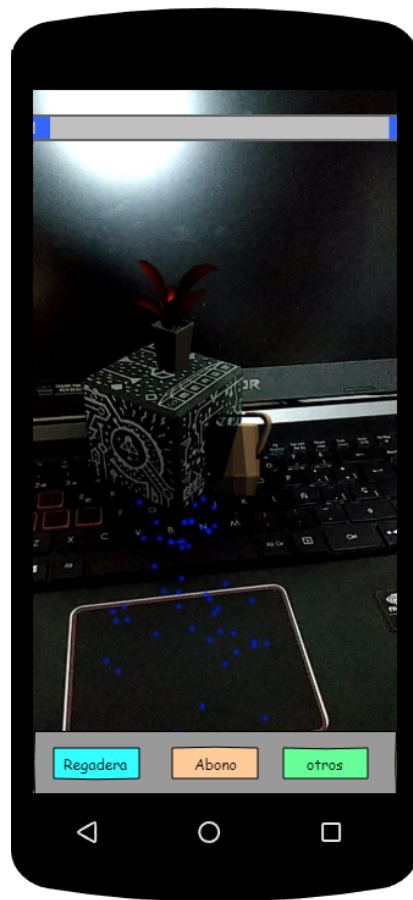


Figura C.6: Prototipo de la interfaz en modo AR.

A la hora de probar en distintos dispositivos, en los dispositivos que tienen en la pantalla notch(cámara frontal) se apreció que la interfaz no tenía en cuenta el notch, por lo que este tapaba una parte de la barra de progreso. Para corregirlo se ha bajado la barra de progreso.

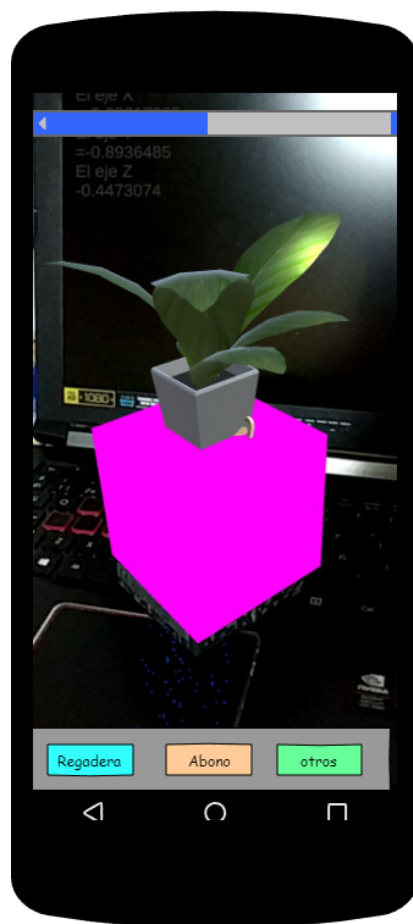


Figura C.7: Prototipo de la interfaz en modo AR.

Apéndice D

Documentación técnica de programación

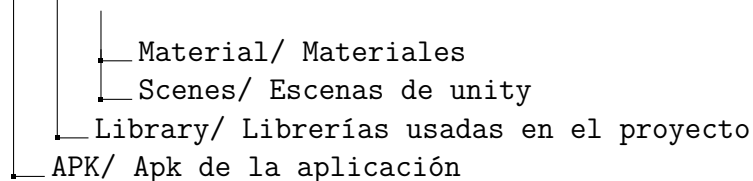
D.1. Introducción

En este apartado se explicaran los pasos para la instalación y ejecución de las herramientas con las que se deberá trabajar.

D.2. Estructura de directorios

En este apartado se procederá a dar una breve explicación de la estructura que ha seguido los directorios del proyecto.

```
/
├── Documentación/ Documentación: memoria y los anexos
│   ├── img/ Imágenes de la documentación
│   ├── text/ Archivos latex de la documentación
│   ├── anexos.Pdf Anexos
│   └── memoria.Pdf memoria
├── Ejemplo/ Ejemplo de realidad aumentada
│   └── Plant-test/ Ejemplo de realidad aumentada
│       ├── Assest/ Assests del proyecto
│       │   ├── Animation/ Animaciones usadas
│       │   ├── AssestsOfStore/ Assests gratuitos descargados de la
│       │   │   └── tienda de unity
│       │   └── Codigo/ Scripts usados
```



D.3. Manual del programador

Unity

Instalación.

Para Instalar el motor Unity es necesario descargar Unity Hub: <https://store.unity.com/es/download-nuo>

Unity Hub se trata de un launcher desde el que se pueden descargar varias versiones de Unity simultáneamente, pudiendo escoger la que mejor se acomode a las necesidades del usuario. También ofrece una serie de tutoriales para iniciarse en el desarrollo de Unity. Por último ofrece un listado de los proyectos del usuario, así como a que versión pertenecen, pudiendo escoger con que versión de Unity desean ejecutarlos.

En la pestaña de installs, pulsando el botón «Add», saldrá una ventana donde poder escoger la versión deseada, al pasar el siguiente paso deberemos escoger los módulos complementarios para Unity, por el momento sería necesario el de Android, para poder pasar nuestros proyectos a una aplicación Android, importante desplegar las opciones del módulo y seleccionar ambas, pues para la compilación de una aplicación es estrictamente necesario el APK de Android.

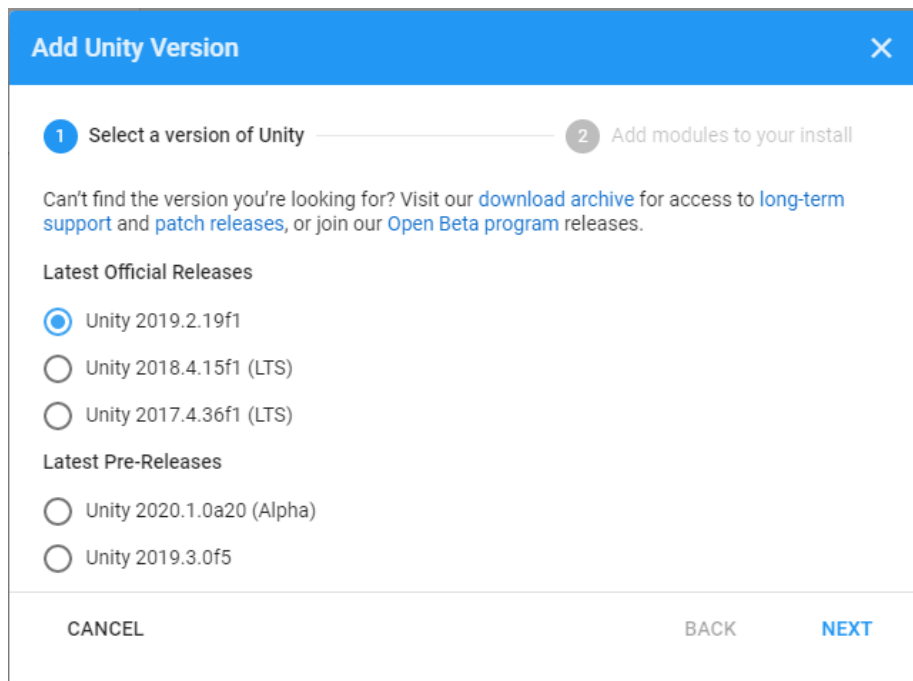


Figura D.1: Paso 1: Seleccionar la versión de Unity

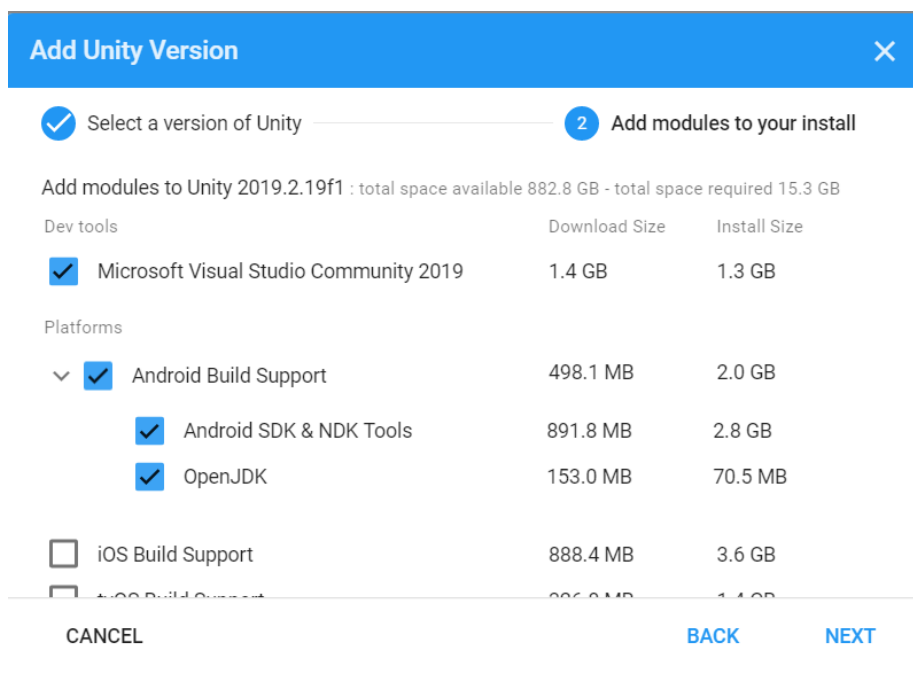


Figura D.2: Paso 2: Seleccionar

Una vez terminada la instalación ya es posible comenzar a crear proyectos. Para poder descargar y usar Assets desde la tienda de Unity es necesario tener una cuenta de usuario.

Dado que en el ejemplo realizado en Unity se utiliza Vuforia como herramienta de realidad aumentada, es necesario añadir dicha herramienta al proyecto de Unity en el se trabajará. Para esto hay varios métodos posibles:

- Desde la pestaña de Edit-Project Settings, en el apartado Player-XR Settings, nos encontraremos con varias herramientas que se han instalado por defecto con Unity, marcamos el check de Vuforia y se incluirá automáticamente en nuestro proyecto.

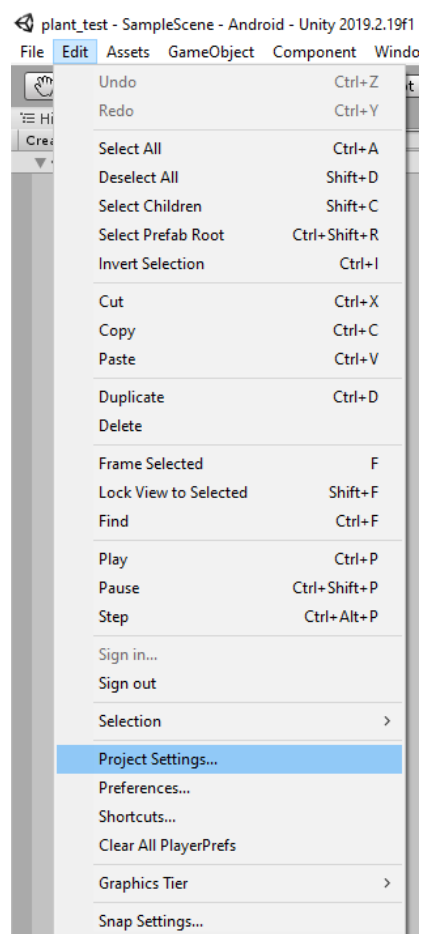


Figura D.3: Instalación Vuforia en Unity paso 1.

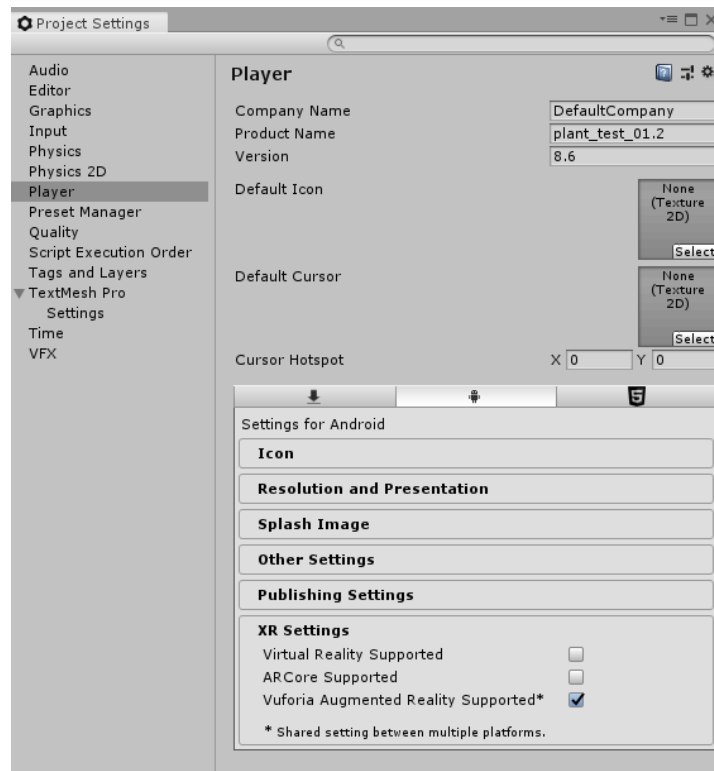


Figura D.4: Instalación Vuforia en Unity paso 2.

- Otra opción posible es, desde la pestaña de la tienda de Assests de Unity, podemos buscar Vuforia Core Samples. Aquí la podremos encontrar de forma gratuita para descargar, y el único proceso que tendremos que seguir es presionar el botón de descargar y seguidamente el botón de importar, de esta manera Vuforia quedará importado en nuestro proyecto. Si seguimos estos pasos también se habrán incorporado al proyecto algunos ejemplos ya contruidos de las distintas funcionalidades de la herramienta.
- Por ultimo, con el SDK de Vuforia para Unity, el cual le podemos descargar desde **developer Vuforia** si tenemos una cuenta de usuario (Una cuenta gratuita es suficiente). Una vez que le hemos descargado, podemos importarlo en el proyecto ejecutándolo mientras tenemos el proyecto Unity abierto, o simplemente arrastrando el ejecutable dentro del proyecto abierto.

D.4. **Compilación, instalación y ejecución del proyecto**

El proceso de instalación es sencillo. Una vez descargada la apk en el terminal, se procederá a su ejecución, el propio SO seguirá los pasos necesarios. La única intervención a resaltar, es posible que al tratar de instalar, nos pregunte si deseamos permitir la instalación de origen desconocido, esto se debe a que la apk no se encuentra oficialmente registrada el appstore. Una vez dados los permisos la instalación seguirá normalmente.

D.5. **Pruebas del sistema**

Las pruebas realizadas a la aplicación, se han realizado mediante pruebas de forma manual directamente en el dispositivo.

Una de las primeras pruebas ha realizar es el de la instalación en el dispositivo, para comprobar que el APK se ha realizado correctamente y es funcional.

Para comprobar el re escalado de la interfaz de la aplicación, se ha probado en distintos dispositivos, varios smartphome, y una tablet. En cada pantalla de la interfaz, se comprueba que cada elemento es visible independientemente de el dispositivo. En la interfaz del modo juego, en los dispositivos que tienen en la pantalla notch(cámara frontal) se aprecia que

la interfaz no tenía en cuenta el notch, por lo que este tapaba una parte de la barra de progreso. Para corregirlo se ha bajado la barra de progreso.

En la detección de realidad aumentada, la gran mayoría de las pruebas se han podido hacer desde el entorno de Unity con una web cam. Pero para dar mayor fiabilidad a las pruebas, se han probado también en el dispositivo. Las pruebas consistían en comprobar que el mergecube era reconocido correctamente, y que cuando es detectado, el modelo 3D asociado se puede visualizar adecuadamente. Para la prueba de detección del mergecube se enfoca en cada cara del cubo, demostrando que en cualquier cara es reconocido, para complementar se han hecho pruebas tapando un porcentaje de la cara del cubo. (VÍDEO)

También se ha probado la detección con diferentes entornos de luminosidad, en el caso de los extremos de luminosidad(poca y mucha), la detección del mergecube se dificulta. Por ejemplo en los casos de demasiada iluminación, provoca que el contraste de iluminación impida reconocer el mergecube. (REFERENCIA A VÍDEO DEMOSTRACIÓN)

Para las pruebas de navegación entre el menú, se ha procedido ha probar que cada botón redirige a su pantalla correspondiente.

Para la comprobación del uso del sensor del giroscopio, seleccionamos la herramienta de la regadera, una vez seleccionada esta empieza a soltar partículas de agua, al girar el dispositivo en diferentes ángulos las partículas se moverán para dar la sensación de que siempre están cayendo hacia el suelo. (VIDEO)

Por ultimo destacar que Unity posee cualidades para realizar algunas pruebas unitarias de forma automática, pero no he tenido para aprender a utilizarlas de la manera correcta para esta aplicación.

Apéndice E

Documentación de usuario

E.1. Introducción

E.2. Requisitos de usuarios

El ejemplo desarrollado se trata de una aplicación Android, por lo que el primer requisito necesario es disponer de un Dispositivo Android, con una versión Android 6.0 (Marshmallow) o superior.

Ademas deberá cumplir los siguientes requisitos^[1]:

- CPU Quad Core.
- 1-2GB de memoria RAM.
- Sensor de Giróscopio.
- Se recomienda una cámara que permita grabar mínimo en 720p.

También es necesario disponer de un MergeCube, es valido tanto en papel como el original.

E.3. Instalación

La instalación de la aplicación es sencilla, como la de cualquier otra APK. Una vez descargado el APK en el dispositivo ejecutarle y seguir los pasos.

Es posible que en el primer intento nos pida habilitar la opción de instalar aplicaciones de terceros, que por defecto en los dispositivos viene desactivada.

En principio los propios pasos de instalación nos llevan a la ventana para habilitar la opción. En caso contrario deberás buscar en opciones del sistema, si tienes dificultades, buscar en google el dispositivo en el que estas intentando la instalación y como se debe activar dicha opción.

E.4. Manual del usuario

En este apartado se explicará los pasos básicos para aprender a usar la aplicación.

En la pantalla principal, al ejecutar la aplicación, encontraremos un menú con 4 cuatro opciones: Modos de Juego, Opciones, Ayuda , y Info. en la imagen (ref).

En la primera opción “**Modos de Juego** ” el usuario podrá buscar entre los diferentes niveles disponibles la aplicación. en la imagen (ref).

En “**Opciones**”, se puede configurar diferentes aspectos de la aplicación, como el tipo de target que se usará en la realidad aumentada. en la imagen (ref).

En la opción “**Ayuda**”, se ofrece una guía/tutorial para poder resolver las dudas de los usuarios.

Al seleccionar en “Modos de Juego” uno de los modos disponibles, escogemos por ejemplo del tema biología vegetal una planta de Girasol. Al seleccionar el modo deseado, la aplicación abrirá la cámara, ahora tendremos una interfaz que mostrará una barra de progreso en la parte superior, un contador del tiempo restante para acabar la fase en la parte superior derecha. En la parte inferior derecha hay un botón que al pulsarse, despliega una barra con las herramientas disponibles para completar las fases. En este modo, una vez que la cámara ya está activa, al apuntar el Mergecube, será detectado y se cargará el modelo de realidad aumentada. En este punto es importante recordar, que para una correcta detección de un marcador se precisa de estar en un ambiente con buena iluminación, que el marcador no se vea afectado por sombras o focos de luz que reduzcan su visibilidad para sensor de la cámara.

En caso de tener seleccionado el modo de capturar target, la interfaz contará con dos elementos adicionales. El primero se trata de una barra de colores (rojo, amarillo, verde) que indica la calidad optima para que el objetivo enfocado sea un target. El segundo elemento será el disparador,

una vez que tengamos un objetivo optimo que deseemos transformar en un target se deberá presionar el disparador.

En la barra de herramientas contamos con dos elementos, una regadera y un paquete de abono. La primera al seleccionar nos saldrá en pantalla una regadera que automáticamente echará agua, el objetivo es mover el dispositivo hasta conseguir que el agua caiga en el mergecube. Cuando el agua colisione con el modelo proyectado en el mergecube, la barra de progreso subirá hasta completarse. El segundo elemento, se trata de un bote de fertilizante, al pulsarse saldra en la pantalla un botón que al ser presionado saldra delante como si se hubiese lanzado contra el mergecube. Para completar una fase es necesario haber completado ambos casos anteriores....

Bibliografía

- [1] Vuforia supported devices.
- [2] AnemonaEspacial. Bases máximas y mínimas por contingencias comunes y tipos de cotización al régimen general seguridad social para el año 2020. [Internet; descargado 25-junio-2020].
- [3] AnemonaEspacial. Icono fertilizante. [Internet; descargado].
- [4] AnemonaEspacial. Icono fertilizante. [Internet; descargado].
- [5] AnemonaEspacial. Girasol, 2020. [Internet; descargado].
- [6] Badri Bebu. Plants, 2019. [Internet; descargado].
- [7] GBAndrewGB. Garden realistic tools, 2017. [Internet; descargado].
- [8] False Wisp Studios. Cartoon farm crops, 2017. [Internet; descargado].