



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA REPRESENTAR LA ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL DE DIVERSOS TIPOS DE ANTENAS Y SUS DIAGRAMAS DE RADIACIÓN USANDO REALIDAD AUMENTADA.

AUTOR

EDISON XAVIER SAFLA ARANHA

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA REPRESENTAR LA ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL DE DIVERSOS TIPOS DE ANTENAS Y SUS DIAGRAMAS DE RADIACIÓN USANDO REALIDAD AUMENTADA.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Ingeniero en Redes y Telecomunicaciones

Profesor Guía

MSc. Carlos Enrique Carrión Betancourt

Autor

Edison Xavier Safla Aranha

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Desarrollo de una aplicación móvil para representar la estructura tridimensional de diversos tipos de antenas y sus diagramas de radiación usando realidad aumentada, a través de reuniones periódicas con el estudiante Edison Xavier Safla Aranha, en el semestre 202020, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.



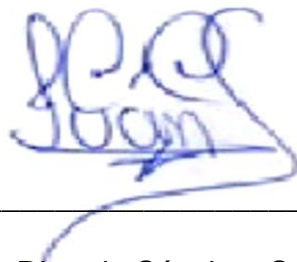
Carlos Enrique Carrión Betancourt.

Máster en Ciencias en Telecomunicaciones y Telemática

C.I. 110373807-4

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Desarrollo de una aplicación móvil para representar la estructura tridimensional de diversos tipos de antenas y sus diagramas de radiación usando realidad aumentada, de Edison Xavier Safla Aranha, en el semestre 202020 dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Iván Ricardo Sánchez Salazar', written over a horizontal line.

Iván Ricardo Sánchez Salazar

Máster en Calidad Seguridad y Ambiente

C.I. 180345614-2

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Edison A.', is positioned above a horizontal line.

Edison Xavier Safla Aranha

C.I. 171963762-9

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres Edison Safla y Luisa Aranha, mi hermana Carolina Jaramillo junto a su esposo Carlos Rivadeneira, mis amigos Karen, Alejandro, Lilian y mis docentes Carlos Carrión e Iván Sánchez por su apoyo y guía.

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a mi familia, mis padres, mi hermana y mi cuñado quienes han sido pilar fundamental para la culminación de mis estudios y comienzo de mi carrera profesional.

RESUMEN

El laboratorio de telecomunicaciones de la UDLA mantiene a su disposición varios tipos de antenas para el uso, enseñanza y talleres vivenciales; estos instrumentos tienen varios beneficios para la comunidad estudiantil ya que con el entendimiento y la enseñanza impartida en el aula de clase estos permiten a los estudiantes realizar trabajos de investigación como capacitaciones e inducciones a nuevos postulantes para la carrera de telecomunicaciones. La falta de alcance y conocimiento de estos instrumentos dentro de la comunidad UDLA permitió que se desarrolle la aplicación descrita en este documento, comenzando desde un marco teórico, su etapa de desarrollo y modelamiento dando como resultado una aplicación validada en los dispositivos planteados. Gracias a la aplicación desarrollada la comunidad estudiantil podrá mejorar su entendimiento impartido en el aula de clase, ayudará en los diversos talleres vivenciales que mantiene la universidad como así también permitirá que se demuestre de forma rápida, práctica e innovadora los instrumentos que el laboratorio de telecomunicaciones cuenta en relación con las antenas adquiridas por parte de la facultad de Telecomunicaciones. La aplicación fue desarrollada con el marco de trabajo Scrum, Unity como motor de videojuegos, C# como lenguaje de programación, Vuforia engine como kit de desarrollo de software de realidad aumentada y AutoCAD como software para el desarrollo de modelado 3D.

ABSTRACT

The UDLA telecommunications laboratory maintains various types of antennas for use, teaching and experiential workshops; These instruments have several benefits for the student community since with the understanding and teaching taught in the classroom they allow students to carry out research work such as training and induction of new applicants for the telecommunications career. The lack of scope and knowledge of these instruments within the UDLA community allowed the application described in this document to be developed, starting from a theoretical framework, its development and modeling stage, resulting in a validated application in the proposed devices. Thanks to the application developed, the student community will be able to improve their understanding taught in the classroom, will help in the various coexistence workshops that the university maintains, as well as allowing the instruments that the telecommunications laboratory to demonstrate quickly, practically and innovatively. account in relation to antennas acquired by the faculty of Telecommunications. The application was developed with the Scrum framework, Unity as a video game engine, C # as the programming language, Vuforia engine as an augmented reality software development kit and AutoCAD as software for the development of 3D modeling.

ÍNDICE

Introducción	1
Alcance	2
Justificación.....	3
Objetivo General	4
Objetivos específicos.....	4
1. CAPÍTULO 1. Marco teórico	5
1.1. Introducción.....	5
1.2. Laboratorio de Telecomunicaciones UDLA.....	5
1.3. Antenas	6
1.3.1. ¿Qué es una antena?.....	6
1.3.2. Impedancia de la antena	7
1.3.3. Reflexiones y ROE	7
1.3.4. Acoplamiento de impedancias.....	8
1.3.5. Ganancia de una antena	8
1.3.6. Clasificación de las antenas	9
1.4. Herramientas de modelado 3D.....	14
1.5. Herramientas y aplicaciones similares.....	14
1.6. Realidad aumentada.....	15
1.6.1. Definición de realidad aumentada	15
1.6.2. Realidad aumentada en ámbitos educativos	15
1.6.3. Tecnología usada por la realidad aumentada.....	16
1.6.4. Clasificación.....	16
1.6.5. Paquetes disponibles para RA	19

1.7.	Tecnologías de desarrollo	20
1.7.1.	Entorno de desarrollo	20
1.7.2.	Lenguaje de programación	21
1.7.3.	Base de datos.....	21
2.	CAPÍTULO 2. Propuesta de solución	21
2.1.	Introducción	21
2.2.	Historias de Usuario	22
2.3.	Product backlog.....	25
2.4.	Desarrollo	26
2.4.1.	Instalación Unity 3D.....	27
2.4.2.	Instalación Vuforia	27
2.4.3.	Configurar Unity.....	27
2.4.4.	Creación de Marcas/Image Targets.....	28
2.4.5.	Agregación de marcas en Base de Datos	29
2.4.6.	Proceso de Modelamiento	36
2.4.7.	Construcción de la aplicación	42
3.	CAPÍTULO 3. Validación y pruebas del software ...	52
3.1.	Introducción	52
3.2.	Encuestas de uso	52
3.3.	Pruebas de Software	55
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
	Conclusiones.....	58
	Recomendaciones.....	59
	REFERENCIAS.....	61

ANEXOS	64
--------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. HISTORIA DE USUARIO: REQUERIMIENTO 1.....	22
TABLA 2. HISTORIA DE USUARIO: REQUERIMIENTO 2.....	22
TABLA 3. HISTORIA DE USUARIO: REQUERIMIENTO 3.....	23
TABLA 4. HISTORIA DE USUARIO: REQUERIMIENTO 4.....	23
TABLA 5. HISTORIA DE USUARIO: REQUERIMIENTO 5.....	24
TABLA 6. HISTORIA DE USUARIO: REQUERIMIENTO 6.....	24
TABLA 7. HISTORIA DE USUARIO: REQUERIMIENTO 7.....	24
TABLA 8. PRODUCT BACKLOG A DESARROLLAR	25
TABLA 9. VERSIONES SOPORTADAS POR VUFORIA.....	55
TABLA 10. CUADRO DE DISTRIBUCIÓN ACUMULATIVA.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ELEMENTO DE IMPEDANCIA.....	7
FIGURA 2. RAZÓN DE ONDA ESTACIONARIA.	8
FIGURA 3. ONDAS IRRADIADAS DE UNA ANTENA.	8
FIGURA 4. DIRECTIVIDAD ANTENA ISOTRÓPICA.	10
FIGURA 5. ANTENAS DE HILO.....	10
FIGURA 6. ANTENA YAGI-UDA.....	11
FIGURA 7. ANTENA DE APERTURA.....	12
FIGURA 8. ANTENA PLANA.....	13
FIGURA 9. ANTENA CON REFLECTOR.....	13
FIGURA 10. NIVEL 0 RA.	17
FIGURA 11. NIVEL 1 RA.	17
FIGURA 12. NIVEL 2 RA.	18
FIGURA 13. NIVEL 3 RA.	18
FIGURA 14. VUFORIA SDK.....	19
FIGURA 15. PIZARRA DE TAREAS INICIALES.....	26
FIGURA 16. CONFIGURACIÓN UNITY 3D- ANDROID.	28
FIGURA 17. PIZARRA DE TAREAS: CREACIÓN DE MARCAS.	28
FIGURA 18. MARCAS UTILIZADAS EN LA APLICACIÓN.....	29
FIGURA 19. VUFORIA LICENSE MANAGER.....	30
FIGURA 20. LLAVE LICENCIA PARA DESARROLLO.	30
FIGURA 21. CONFIRMACIÓN LICENCIA VUFORIA.	31
FIGURA 22. LLAVE PARA ASOCIAR EN UNITY 3D.....	31
FIGURA 23. INGRESO LLAVE DE VUFORIA.	32
FIGURA 24. CREACIÓN BASE DE DATOS VUFORIA.	32
FIGURA 25. PROPIEDADES DE LA BASE DE DATOS.....	33
FIGURA 26. AGREGAR MARCADOR A LA BD.	33
FIGURA 27. CONFIGURACIÓN DE MARCADOR EN BD.....	34
FIGURA 28. DESCARGAR BD A UNITY 3D.....	35
FIGURA 29. FORMATO DE DESCARGA DE BD.....	35
FIGURA 30. IMPORTAR BD EN UNITY3D.....	36
FIGURA 31. PIZARRA DE TAREAS: MODELAMIENTO.	36

FIGURA 32. MODELAMIENTO BASE.	37
FIGURA 33. USO HERRAMIENTA EXTRUDE.	37
FIGURA 34. CREACIÓN DE GRUPOS 3D.	38
FIGURA 35. MODELAMIENTO PLATO 2D.	38
FIGURA 36. PLATO 3D.	39
FIGURA 37. MODELAMIENTO ALIMENTADOR DE ANTENA.	39
FIGURA 38. ALIMENTADOR MODELADO.	40
FIGURA 39. BASE SUPERIOR MODELADA.	40
FIGURA 40. MODELAMIENTO DE ANTENA COMPLETO.	41
FIGURA 41. BASE MODELAMIENTO LÓBULO DE RADIACIÓN.	41
FIGURA 42. OBJETO 3D LÓBULO DE RADIACIÓN.	42
FIGURA 43. PIZARRA DE TAREAS: CONSTRUCCIÓN DE ESCENAS.	42
FIGURA 44. ESCENA INICIO.	43
FIGURA 45. INGRESO DE MARCADOR A LA VISTA.	44
FIGURA 46. SELECCIÓN DE MARCADOR PARA OBJETO 3D.	44
FIGURA 47. DIRECTORIO DE CARPETAS PARA OBJETOS 3D.	45
FIGURA 48. IMPORTACIÓN DE OBJETOS 3D.	45
FIGURA 49. OBJETO 3D INGRESADO EN LA VISTA.	46
FIGURA 50. LÓBULO 3D ASOCIADO AL OBJETO 3D.	46
FIGURA 51. VISTA TEORÍA DE ANTENAS.	47
FIGURA 52. SUB VISTA DE TEORÍA DE ANTENAS.	47
FIGURA 53. PIZARRA DE TAREAS: CONSTRUCCIÓN DE APK.	48
FIGURA 54. CONSTRUCCIÓN ARCHIVO APK.	48
FIGURA 55. INGRESO DE ESCENAS EN ARCHIVO APK.	49
FIGURA 56. CONFIGURACIÓN DEL APK.	49
FIGURA 57. CARACTERÍSTICAS DE LA APLICACIÓN.	50
FIGURA 58. RESOLUCIÓN DE APK.	50
FIGURA 59. CONSTRUCCIÓN ARCHIVO APK FINAL.	51
FIGURA 60. PIZARRA DE TAREAS: FINALIZADA.	52
FIGURA 61. RESULTADO ENCUESTA 1.	53
FIGURA 62. RESULTADO ENCUESTA 2.	54
FIGURA 63. RESULTADO ENCUESTA 3.	54

FIGURA 64. RESULTADO ENCUESTA 4.....	55
FIGURA 65. DISTRIBUCIÓN ACUMULATIVA DE API USADA.....	57

Introducción

El presente trabajo muestra el desarrollo de una aplicación móvil para sistemas operativos Android que busca aumentar el entendimiento y difusión de los diversos tipos de antenas con los que cuenta el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad de las Américas, además de enseñar de una forma intuitiva e innovadora los tipos de antenas con sus respectivos diagramas de radiación usando realidad aumentada.

Mediante la enseñanza teórica impartida en las aulas de clase se presenta la aceptación de usuario, las tecnologías, la metodología de desarrollo y las diversas herramientas que permiten el desarrollo de este proyecto. Para finalizar se presentarán las conclusiones obtenidas a lo largo del desarrollo de la aplicación como también sus recomendaciones y las referencias usadas.

Antecedentes

La Universidad de Las Américas (UDLA), a partir de su creación en 1994, ha crecido exponencialmente añadiendo nuevas carreras que se ajustan a las principales necesidades del país (UDLA FICA, 2018).

La Universidad de Las Américas (UDLA), tiene en su haber diversos campus y recursos para el cuerpo estudiantil tal es el caso del laboratorio de "Telecomunicaciones" en el cual los estudiantes tienen la facultad para aprender, desarrollar e implementar los diversos proyectos relacionados a las Telecomunicaciones.

El laboratorio de Telecomunicaciones está ubicado en el Campus Queri bloque número 4 planta baja, situado en la ciudad de Quito.

El laboratorio de Telecomunicaciones está en constante actualización, crecimiento y desarrollo de nuevas tecnologías; a disposición de las diversas actividades universitarias y talleres convivenciales de la carrera de Telecomunicaciones los cuales son de gran apoyo en programas académicos, productivos y de investigación por parte de la facultad. Generalmente existen diversas visitas al área de Telecomunicaciones por parte de las instituciones de

segundo nivel y por parte del propio cuerpo estudiantil que conforma la institución.

Los diversos tipos de antenas son exhibidos dentro de la comunidad UDLA, únicamente en el campus Queri, en el laboratorio de telecomunicaciones en el bloque 4 (UDLA FICA, 2018). Por este motivo, gran parte de la comunidad estudiantil no tiene conocimiento de que la facultad posee dichos equipos, siendo el principal problema la falta de interacción y diversificación de los tipos de antenas, debido al alto costo como también a su dificultad de movilidad no pueden ser exhibidos en gran parte de talleres convivenciales como también en ferias estudiantiles.

En la actualidad la unidad de innovación tecnológica aporta de gran manera exhibiendo gran parte de los equipos que posee la carrera de Telecomunicaciones llevando consigo los equipos e identificando los diferentes tipos de antenas y sus usos, y es por esto que se plantea una alternativa para dar un alcance en mayor medida a estos equipos ayudando así a la unidad de innovación tecnológica como también al laboratorio de Telecomunicaciones para que los nuevos estudiantes puedan conocer más sobre la carrera desde cualquier lugar sin necesidad de llevar grandes equipos.

Alcance

Este proyecto de titulación propone desarrollar una aplicación móvil que permita evidenciar el modelado 3D de los tipos de antenas con sus respectivos diagramas de radiación aplicados en el estudio del aula de clase, incluyendo realidad aumentada para que, a través del reconocimiento de imágenes, puedan interactuar con los tipos de antenas, logrando consigo un fácil entendimiento de la teoría enseñada en el aula de clase.

Para un desarrollo eficiente se deberán analizar las diversas tecnologías existentes tales como el reconocimiento de imágenes las cuales podrán ser visualizadas, identificadas y almacenadas en una base de datos la cual es proporcionada por la API "Vuforia" la cual es una plataforma *open source* que nos permite registrar el proyecto en base a una cuenta educativa (Vuforia Engine, 2019).

El entorno sobre el cual será elaborado es “Unity” que nos permite crear aplicaciones móviles Android capaces de ir agregando diversos módulos de funcionalidades entre los cuales será la realidad aumentada para poder observar los diversos modelados 3D que serán realizados en programas de modelamiento buscando con esto obtener los ficheros FBX los cuales serán proyectados a través de la aplicación móvil.

Es por esta razón que se trabajará de manera muy estrecha con la materia “Sistemas de Comunicación Radiantes”, buscando afianzar el conocimiento impartido en el aula de clase, para de esta manera lograr que los estudiantes mejoren su entendimiento basado en la teoría impartida de una forma didáctica.

Esta solución será desarrollada en una arquitectura Windows de 64 bits para la ejecución del motor de videojuegos multiplataforma UNITY, la misma es de libre acceso y cuenta con librerías open source (Unity3D, 2019), este motor de video juegos nos permite obtener una aplicación Android, la cual podrá ser instalada en sistemas operativos móviles Android Marshmallow (6.0) en adelante, y se desarrollará usando el API “VUFORIA” para el reconocimiento de imágenes (Vuforia Engine, 2020). Se usarán ficheros FBX los cuales permitirán desarrollar el modelado de los diversos tipos de antenas de forma tridimensional para lo cual se harán las pruebas correspondientes a los módulos a usar para obtener un desempeño óptimo de la aplicación.

Justificación

En base a los datos obtenidos de la situación actual e información en entorno al proyecto, se puede apreciar que el Laboratorio de Telecomunicaciones cuenta con una amplia gama de tipos de antenas los cuales son estudiados en el aula de clase tanto para aprender sobre antenas terrestres como también satelitales, los cuales son equipos de alto valor y de un tamaño considerado; es por esta razón que se plantea un método más innovador y complementario para la enseñanza de estos componentes importantes de los sistemas de comunicación radiantes, permitiendo que la comunidad estudiantil tenga la posibilidad de familiarizarse y aprender en base a la teoría impartida en el aula de clase, también permitirá un entorno innovador con la comunidad que quiere entrar en

contacto con la carrera de Telecomunicaciones en los talleres convivenciales que son impartidos por las diversas carreras de la UDLA (UDLA FICA, 2018). Es importante tomar en cuenta que este proyecto solventará las diversas necesidades de la facultad al permitir que las antenas puedan ser exhibidas al público en un entorno de nueva generación, se espera lograr con esto un mayor alcance en la comunidad estudiantil secundaria, y por ende un mayor número de alumnos se apasionen en seguir carreras ingeniería y ciencias. Además, la oportunidad que la sociedad en su conjunto pueda familiarizarse con las diversas tecnologías que permiten comunicar día a día al ser humano.

Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil, que permita evidenciar los diversos tipos de antenas existentes con sus diagramas de radiación en el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad de las Américas para mejorar el entendimiento basado en la teoría impartida en el aula de clase.

Objetivos específicos

- Realizar un análisis de los diversos tipos de antenas existentes en el laboratorio de Telecomunicaciones, para dimensionar de manera correcta y de forma precisa la información a desplegar en el aplicativo a desarrollar.
- Recabar información en base a la teoría impartida en el aula de clase, para determinar las antenas que serán modeladas en 3D y con esto poder ser implementadas en el motor de video juegos Unity para el despliegue en realidad aumentada.
- Modelar los diversos tipos de diagramas de radiación que serán incluidos en el modelado 3D de las antenas a mostrar en realidad aumentada.
- Validar la propuesta de la solución utilizando diversas pruebas de funcionamiento de acuerdo con los sistemas operativos móviles más usados (Android).
- Hacer un análisis comparativo del resultado, explorando las ventajas de la herramienta y como los estudiantes reaccionaron a la misma.

1. CAPÍTULO 1. Marco teórico

1.1. Introducción

En el presente capítulo, se expondrá la teoría fundamentada sobre el proyecto tomando como pilar fundamental el problema planteado, y se tratará de forma exclusiva los temas asociados al presente problema, el cual indica la falta de nuevas tecnologías para el método de la enseñanza en la materia, permitiendo de esta manera a la unión de la información y conocimiento puedan ser expuestos de manera sencilla, práctica y sumamente útil.

Se expondrá la situación actual del laboratorio de Telecomunicaciones de la UDLA, indicando los dispositivos con los que se cuenta como también los medios con los cuales se dispone para la enseñanza, así como sistemas similares existentes en la actualidad. Posteriormente se indicarán las diversas necesidades existentes y los diversos requerimientos que han podido ser planteados por los interesados. Se describirá la metodología la cual permitirá desarrollar la solución, así como también se indicarán las presentes tecnologías y las herramientas de software las cuales permitirán solventar las necesidades planteadas en la introducción de este documento.

1.2. Laboratorio de Telecomunicaciones UDLA

El laboratorio de Telecomunicaciones está ubicado en el Campus Queri bloque número 4 en la planta baja, situado en la ciudad de Quito. Consta de equipos de última tecnología como también de dispositivos altamente especializados para la enseñanza como simulación, logrando con ellos altos estándares de enseñanza como avances científicos en el campo de las telecomunicaciones, todos impulsados por la facultad de Telecomunicaciones y a su vez con el apoyo de la Universidad de las Américas con el objetivo de que las actividades previamente descritas formen parte de nuevos avances tecnológicos y científicos.

El laboratorio de Telecomunicaciones tiene a su disposición de última tecnología, permitiendo un constante crecimiento y desarrollo en el estudio. Está a disposición de los estudiantes, profesores e investigadores de la UDLA para que

puedan participar en proyectos innovadores, académicos y de vinculación con la comunidad estudiantil.

Entre los equipos con los cuales cuenta el laboratorio de Telecomunicaciones son: Antenas de telecomunicación, equipos de medición, experimentación, simuladores, etc.

1.3. Antenas

1.3.1. ¿Qué es una antena?

Las ecuaciones de Maxwell nos permiten relacionar los campos eléctricos como también a los campos magnéticos con la corriente y carga que los crean. Estas ecuaciones y sus respectivas soluciones nos exponen formas de onda, las cuales son:

- Guiadas (líneas de transmisión)
- Libres en el espacio (antenas)

La IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) define a las antenas como “aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas” (IEEE, 1979). En base a esta explicación podemos decir que, la antena es en forma el recorrido entre el espacio libre y un medio guiado.

La característica de una onda electromagnética es dada por su frecuencia (f) y la longitud de onda que mantiene (λ), formando la siguiente Ecuación 1:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Ecuación 1

Donde la variable c es igual a la velocidad de propagación de la luz con un valor de ($3 * 10^8 \text{ m/s}$ en espacio libre).

La antena en otras palabras es un circuito eléctrico, el cual permite radiar hacia el espacio o recibir del espacio energía electromagnética, teniendo como función

facilitar mediante la guía de onda que las señales electromagnéticas se vayan en dirección al espacio libre con la mayor eficiencia.

1.3.2. Impedancia de la antena

La impedancia de una antena indica que gran cantidad de materiales detienen el flujo normal de corriente alterna en algún momento, esta detención de flujo de corriente es nombrada impedancia, la cual es de forma análoga a la resistencia encontrada en los circuitos que mantienen una corriente continua.

Gran parte de las antenas que permiten las telecomunicaciones contienen en su infraestructura una impedancia equivalente a un aproximado de 50 ohmios, de igual manera los equipos que permiten recibir señal de televisión mantienen una impedancia equivalente a un aproximado de 75 ohmios.



Figura 1. Elemento de impedancia.

Tomado de: (Huidobro, 2013)

1.3.3. Reflexiones y ROE

La falta de adaptación de las impedancias encontradas en los circuitos provoca reflexiones y es por esto motivo que se incrementa el valor ROE (Razón de Onda Estacionaria). El valor ROE es la relación encontrada entre el voltaje máximo y el voltaje mínimo. Los valores obtenidos por la ROE permiten identificar:

- Valores inferiores de ROE indica una óptima adaptación de la impedancia entre la antena y su transmisor.
- Una ROE con relación 1:1, es una adaptación perfecta.

- El valor ROE nos detalla la calidad de la antena desde la perspectiva de su transmisor.

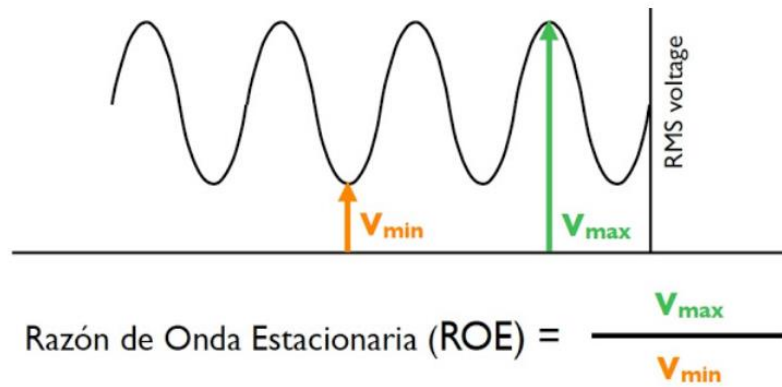


Figura 2. Razón de Onda Estacionaria.

Tomado de: (Huidobro, 2013)

1.3.4. Acoplamiento de impedancias

Como se ha detallado previamente se puede describir que una antena es la continuidad de una línea de transmisión, donde la energía emitida se difunde apartándose de la antena en forma de ondas electromagnéticas transversales.

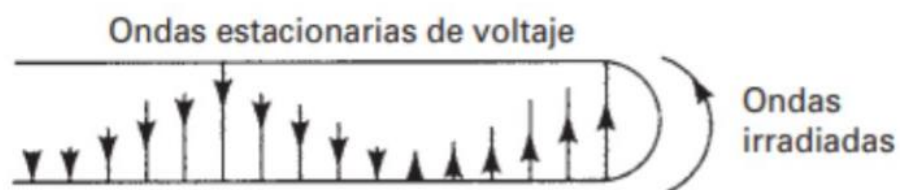


Figura 3. Ondas irradiadas de una antena.

Tomado de: (Huidobro, 2013)

1.3.5. Ganancia de una antena

La ganancia de una antena es la relación entre la concentración de potencia radiada del máximo encontrada en una distancia R y la potencia completa

ingresada a la antena dividida por el área de una esfera con un radio de valor R (Huidobro, 2013).

1.3.6. Clasificación de las antenas

La clasificación de las antenas es muy amplia y variada, la siguiente clasificación se basa en el campo de estudio enfocado por parte de la carrera de Telecomunicaciones como también por parte de los equipos encontrados en el laboratorio de Telecomunicaciones de la UDLA.

- Antenas de hilo
 - Entre ellas se puede encontrar a las antenas dipolo, monopolo, espirales, helicoidales.
- Antenas de apertura
 - Entre ellas se puede encontrar a las antenas tipo bocina, las ranuras.
- Antenas planas
 - Entre ellas se puede encontrar las antenas microstrip.
- Antenas de tipo Yagi
 - Entre ellas se puede encontrar varios tipos como son las Yagi-UDA.
- Antenas reflectoras
 - Entre ellas se puede encontrar antenas formas por reflectores, como son las parabólicas.
- Antenas Isotrópicas
 - Esta categoría son las antenas idealizadas, las cuales se basan en radiación perfecta, no real.

1.3.6.1. Antena Isotrópica

La antena isotrópica es una antena idealizada, una antena no real, la cual no contiene niveles de pérdida lo que indica que su intensidad de radiación será proporcional en todas direcciones (IEEE, 1979).

La antena sirve de base de referencias para tomar evaluaciones de ciertos parámetros de las antenas, entre ellos la directividad, La antena isotrópica es un

concepto de referencia que permite evaluar a las demás antenas en su función de concentración de energía y por ende a las pérdidas de propagación en el espacio libre.

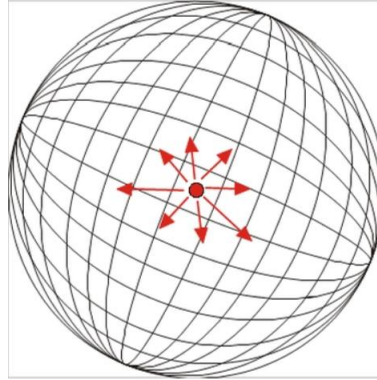


Figura 4. Directividad antena isotrópica.

Tomado de: (Aznar, et al., 2004)

1.3.6.2. Antenas de hilo

Las antenas de hilo están conformadas por elementos conductores como su propio nombre indica de tipo hilo, estos son de forma delgada y eléctricamente cargados. Estos hilos pueden tomar diversas formas, entre ellas se encuentran a los hilos rectos, dipolos, rombos, espirales los cuales pueden ser circulares, cuadrados y helicoidales como podemos observar en la Figura 5.

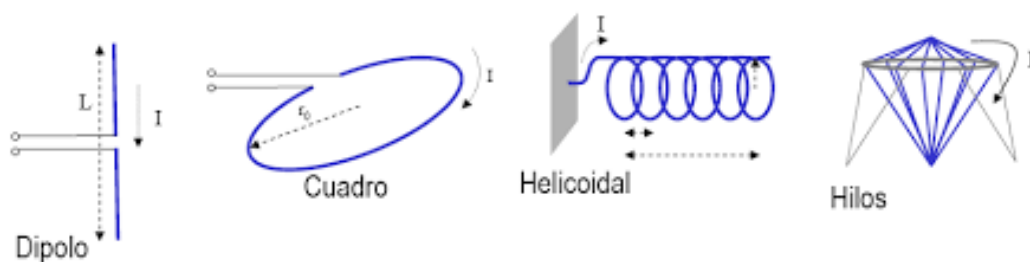


Figura 5. Antenas de hilo.

Tomado de: (Huidobro, 2013)

La antena Dipolo es la que más resalta de las antenas tipo hilo, pues es la más sencilla de todas. La antena de Hertz o conocida también como dipolo de media onda es la más usada en las telecomunicaciones. Esta antena consiste en un

conductor de $1/2$ longitud de onda, la cual en su interior se encuentra una línea de transmisión.

1.3.6.3. Antena YAGI-UDA

El tipo de antena que es ampliamente usada en el campo de la recepción de señales de televisión es YAGI-UDA, esta antena es del tipo directivo y su banda de recepción de señal es la UHF (*Ultra High Frequency*), esto debido a su gran directividad, la cual es formada por el gran número de elementos pasivos (parásitos) en su esquema.

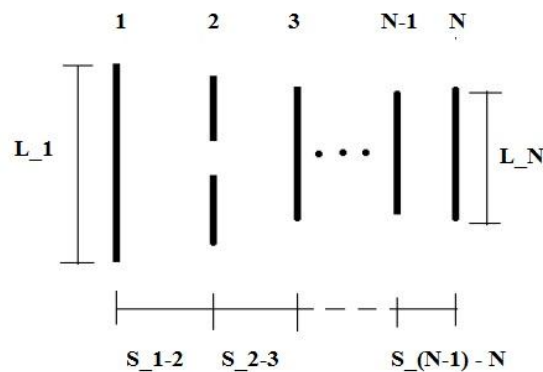


Figura 6. Antena YAGI-UDA.

Tomado de: (Huidobro, 2013)

Como se observa en la Figura 6, a mayor sea el número de elementos reflectores, mientras la cantidad aumenta, su directividad será mayor permitiendo cubrir una gama amplia de canales UHF los cuales pueden ir desde el 21 al 69 respectivamente.

1.3.6.4. Antena de apertura

Este tipo de antenas su diagrama de radiación es obtenido a partir de la distribución tolerada por el equipo y generalmente es excitado por guías de onda. Como claro ejemplo de este tipo de antenas tenemos a las que son de apertura tipo bocina entre las cuales podemos encontrar piramidales o cónicas.



Figura 7. Antena de apertura.

Tomado de: (Aznar, et al., 2004)

Las antenas tipo bocina se utilizan para comunicaciones en frecuencias microondas, pues entre sus principales características se encuentra un gran ancho de banda además de una fácil fabricación y diseño.

1.3.6.5. Antenas planas

Las antenas planas o también conocidas como antenas microstrip están conformadas por un conjunto plano de radiadores y un circuito integrado que permite la distribución de señal. Su diseño está pensado para una disipación de potencia en forma de radiación. Este diseño puede ser formado gracias a que su circuito como parche están realizados gracias a una técnica de fotograbado sobre un sustrato dieléctrico laminado en cobre por cada lado de su superficie.

Esta técnica de fabricación ayuda en su integración con los demás equipos, permitiendo tener sistemas de tamaño reducido y con un peso liviano.

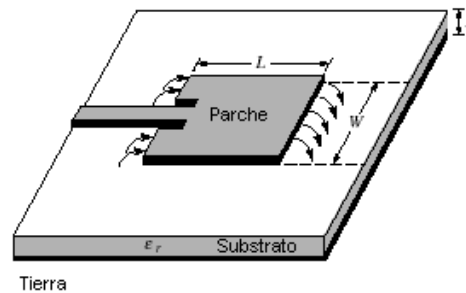


Figura 8. Antena plana.

Tomado de: (Huidobro, 2013)

1.3.6.6. Antenas con reflector

Las antenas con reflector o conocidas como antenas parabólicas son las antenas que mayor potencia se pueden adquirir, la gran ganancia que contienen permite ser implementadas en sistemas de telecomunicación de gran distancia, a mayor diámetro de rejilla en el equipo presente su ganancia aumentará permitiendo una amplia cobertura entre el emisor y receptor de la señal.

La antena reflectora está compuesta por dos partes principales: su reflector de forma parabólica y un elemento activo o también llamado mecanismo de alimentación. El mecanismo de alimentación contiene a la antena principal la cual en gran parte es un dipolo, permitiendo irradiar ondas electromagnéticas hacia el reflector. El elemento pasivo o reflector permite reflejar la energía irradiada por el elemento de alimentación en una retrasmisión completamente direccional donde cada onda se mantienen en fase entre sí misma.



Figura 9. Antena con reflector.

Tomado de: (Huidobro, 2013)

1.4. Herramientas de modelado 3D

En la actualidad existen varias herramientas para el modelado 3D disponibles en el mercado ampliamente usados en los sectores de la animación, juegos y arquitectura. Por ello elegir la herramienta correcta nos será de gran ayuda, pues se basará en la enseñanza otorgada por la UDLA a lo largo de la carrera de Telecomunicaciones.

Entre las herramientas que se pueden encontrar en el mercado son:

- AutoCAD
- Maya
- Sketchup
- Revit
- 3ds Max
- Blender

Dentro de la UDLA se maneja gran parte de estas herramientas de modelado, en la malla curricular estudiada se ha trabajado gran parte con la herramienta AutoCAD, gracias a los diversos convenios que mantiene la UDLA con empresas como Autodesk podemos encontrar esta herramienta y sus licencias bajo el formato de estudiante, permitiendo la enseñanza y utilización de esta herramienta a lo largo de la vida estudiantil, obteniendo de esta manera conocimientos indispensables para el modelado 3D de las antenas a realizar como parte de la solución al problema planteado.

1.5. Herramientas y aplicaciones similares

En la actualidad en el mercado no existen herramientas y aplicaciones similares a la solución planteada. Es por esta razón que el desarrollo de esta herramienta será de gran avance e innovación tanto para la UDLA como también para la humanidad, pues mediante el empleo de esta herramienta no solo se facilitará el entendimiento basada en la teoría impartida en el aula de clase sino también permitirá tener una idea clara de cada una de las antenas de forma interactiva,

con la cual los estudiantes podrán estudiar las antenas de una forma innovadora basándose en el uso de realidad aumentada.

1.6. Realidad aumentada

Existen diversas maneras y aplicaciones para el despliegue de información mediante el uso de la realidad aumentada.

1.6.1. Definición de realidad aumentada

La realidad aumentada (RA) es un término usado para describir la convergencia de tecnologías que un usuario visualice un objeto real a través de un dispositivo capaz de reproducirla (Carmigniani, Furht, Anisetti, & Ceravolo, 2011).

Los diversos dispositivos usados permiten la unión de información virtual a la información tangible por el usuario, explicado de otra forma una porción de información virtual será desplegada en la realidad, logrando con la unión de los dos elementos una realidad aumentada capaz de ser reproducida en tiempo real.

Entre las diversas definiciones que podemos abarcar con relación a la realidad aumentada, la más sencilla es la cual sugiere que la unión de los entornos reales y virtuales están mezclados y pueden usarse desde gran variedad de dispositivos que van desde ordenadores hasta dispositivos móviles para el despliegue de esta información.

La realidad aumentada en otras palabras nos permite agregar información procesada a un ambiente real. La diferencia entre realidad aumentada y realidad virtual la encontramos en que la realidad virtual implica al usuario incluirse de forma total en un ámbito virtual mientras que la realidad aumentada permite al usuario mantenerse en un ambiente combinado (Manresa Yee, Abásolo, & Vénere, 2011).

1.6.2. Realidad aumentada en ámbitos educativos

La realidad aumentada enfocada en los ámbitos educativos propone encontrar diferentes métodos de enseñanza los cuales enriquecen de forma innovadora la materia impartida.

El enfoque al cual apunta la realidad aumentada y la educación es la creación de actividades educativas, dando énfasis en el entrenamiento de competencias comunicacionales. Por un lado, podemos observar diversas herramientas desarrolladas para facilitar a personas con diferentes dificultades educativas. Un ejemplo de aplicación usando realidad aumentada para el enfoque educativo es PictogramRoom, el cual es una aplicación innovadora la cual sumerge al usuario en una habitación de realidad aumentada para enseñar a comprender los diversos gráficos que permiten la comunicación a personas con problemas de autismo (Pictogram Room, s.f.).

El uso de la realidad aumentada en la educación está teniendo un gran impacto en la humanidad, es capaz de permitir al instructor o profesor crear actividades didácticas con las cuales los estudiantes podrán interactuar.

1.6.3. Tecnología usada por la realidad aumentada

La tecnología avanza a grandes pasos es por lo que las nuevas aplicaciones y métodos de enseñanza no se pueden quedar atrás, los dispositivos de nueva era usados para la implementación de realidad aumentada han evolucionado de tal forma que podemos encontrarlos de las distintas formas:

- Cascos
- Gafas
- Dispositivos móviles
- Computadoras

1.6.4. Clasificación

Según diversos expertos de la realidad aumentada (FOMBONA, PASCUAL, & MADEIRA, 2012) podemos clasificar los niveles de realidad aumentada según su tipo de interactividad:

- NIVEL 0: Empleado el uso de códigos QR
 - Los códigos QR son hiperenlaces los cuales nos permiten ir a un espacio en la web o nos proporcionan información la cual puede estar en forma escrita, mediante sonidos, etc.

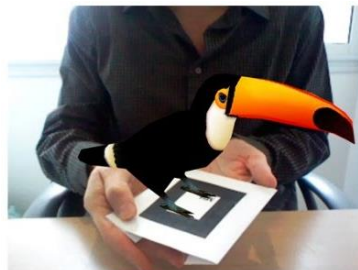


NIVEL 0

Figura 10. Nivel 0 RA.

Tomado de: (Hernández, s.f.)

- NIVEL 1: RA con marcadores
 - Los marcadores son el elemento más usado con la realidad aumentada pues este método permite el uso de imágenes como enlaces para obtener la información.



NIVEL 1

Figura 11. Nivel 1 RA.

Tomado de: (Hernández, s.f.)

- NIVEL 2: RA GPS
 - En este nivel el empleo de la geolocalización es fundamental, mediante el uso de ubicaciones concretas la realidad aumentada tomará efecto en los aplicativos.



Figura 12. Nivel 2 RA.

Tomado de: (Hernández, s.f.)

- NIVEL 3: HDM
 - Este es el último nivel desarrollado, encontramos importantes avances en el ámbito de la realidad aumentada pues mediante el uso de dispositivos HMD (*Head-mounted Display*) podemos tener una interactividad aún más envolvente que en un dispositivo móvil.



Figura 13. Nivel 3 RA.

Tomado de: (Hernández, s.f.)

1.6.5. Paquetes disponibles para RA

El desarrollo de sistemas RA mediante los diversos motores de videojuegos ha incrementado en el mercado, es tal el caso del motor de videojuegos Unity que gracias a su gran acogida por los desarrolladores este motor se ha asociado con los *plugins* mejor optimizados los cuales son:

- Vuforia AR
- ARCore
- ARToolKit
- ARKit

Los plugin anteriormente mencionados son un kit de desarrollo de software de realidad aumentada (SDK), los cuales son multiplataforma y permiten a los desarrolladores trabajar en ecosistemas Android, IOS, etc. Vuforia AR utiliza una tecnología basada en la visión por medio de la computadora logrando con esto reconocer gráficos o imágenes, estos pueden ser planos y a su vez objetos 3D los cuales estarán en tiempo real. La tecnología que implementa Vuforia permite a los desarrolladores posicionar y orientar los objetos ingresados virtualmente, como son los modelos 3D, música, videos, mezclando el mundo real y los objetos a través de un dispositivo móvil. El objeto virtual previamente ingresado recopilara la ubicación y orientación de la imagen asociada en tiempo real para que mediante la ubicación ingresada en el desarrollo el espectador tenga una correcta perspectiva del objeto virtual desplegado sobre su objetivo, logrando de esta manera mezclar la realidad con objetos virtuales en tiempo real.

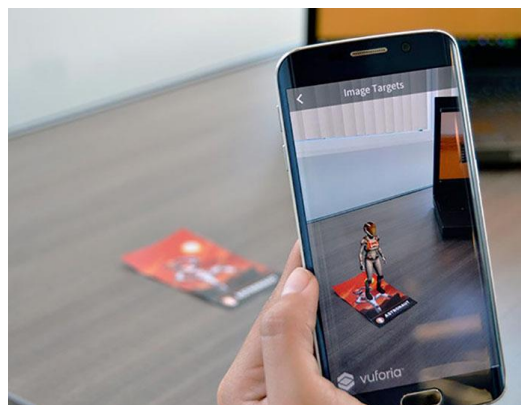


Figura 14. Vuforia SDK.

Tomado de: (*Developer Android*, 2020)

1.7. Tecnologías de desarrollo

1.7.1. Entorno de desarrollo

El entorno de desarrollo es ampliamente utilizado en el desarrollo de software y aplicaciones móviles bajo el concepto de Framework. Framework indica que es un marco de trabajo previamente diseñado que permite al desarrollador complementar al entorno diseñado con los requerimientos obtenidos del proyecto a realizar. Es una herramienta que permite al desarrollador codificar de una forma efectiva y veloz (Zahariadis, 2019).

Las ventajas que se obtienen al utilizar un framework son:

“El programador no necesita plantearse una estructura global de la aplicación, sino que el framework le proporciona un esqueleto que hay que “rellenar”.

Facilita la colaboración. Cualquiera que haya tenido que “pelearse” con el código fuente de otro programador (¡o incluso con el propio, pasado algún tiempo!) sabrá lo difícil que es entenderlo y modificarlo; por tanto, todo lo que sea definir y estandarizar va a ahorrar tiempo y trabajo a los desarrollos colaborativos.

Es más fácil encontrar herramientas (utilidades, librerías) adaptadas al framework concreto para facilitar el desarrollo” (Jordisan.net, 2006).

Para la implementación de este proyecto se utilizó el motor de videojuegos Unity, cabe recalcar que un framework en términos menos específicos es un motor, por lo cual cualquier motor es un framework. Unity siendo un motor de videojuegos emplea el patrón MVC (Modelo – Vista - Controlador). MVC permite separar la implementación en 3 capas. La capa de “Modelo” nos permite ingresar la información de la aplicación como también a las normas las cuales se apegará. La capa “Vista” nos permite gráficamente diseñar la interfaz de usuario, esto nos proporciona la manipulación de ingreso y salida de datos visuales de la aplicación. La capa “Controlador” es la encargada de almacenar los controladores que serán usados por la aplicación (Blum, 2016).

1.7.2. Lenguaje de programación

Unity siendo un motor de videojuegos nos facilita el desarrollo de la solución proporcionando soporte de varios lenguajes de programación entre los cuales podemos encontrar: C#, UnityScript, C++, Java. El lenguaje seleccionado para la elaboración de esta solución es C#, el cual es un lenguaje multiparadigma el cual fue desarrollado y estandarizado gracias a Microsoft.

1.7.3. Base de datos

Una base de datos es el conjunto de datos almacenados pertenecientes a un contexto o aplicativo en general el cual podrá usarlos posteriormente mediante su llamada. La base de datos es una colección de datos en forma estructurada, la cual almacenará objetos, información y listas. Para el ingreso de nuevos datos y procesar la información se necesita un sistema de administración de base de datos.

Para el desarrollo de esta solución se ha seleccionado la base de datos de Vuforia, la cual cuenta con su propio sistema de administración de base de datos en la nube. Vuforia es una plataforma de software que nos permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada gracias a su fácil agregación de funciones de visión por computadora, logrando una implementación en aplicativos móviles capaz de realizar reconocimiento de patrones mediante imágenes y objetos con los cuales se permitirá la interacción de objetos virtuales con el mundo real (Vuforia Engine, 2019).

2. CAPÍTULO 2. Propuesta de solución

2.1. Introducción

En el presente capítulo, se expondrá la propuesta a la solución planteada con el objetivo de aumentar el entendimiento de la materia impartida en el aula de clase apoyando al laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad de las Américas. En base a las normas de la metodología utilizada (Scrum), se ha realizado el levantamiento de requerimientos para la interfaz, navegabilidad y

funcionamiento de la aplicación. Los requerimientos obtenidos son expuestos usando Historias de Usuario.

2.2. Historias de Usuario

Las Historias de Usuario son elementos básicos los cuales permiten aplicar metodologías Ágiles y en suma importancia SCRUM. La simplicidad que nos ofrecen las Historias de Usuario permite que esta herramienta sea una gran técnica para tratar aspectos necesarios para la creación de productos, en especial de software (Canós, Letelier, & Penadés, 2003). Las Historias de Usuario se componen de tres aspectos:

- Como: Rol
- Quiero: Evento
- Para: Funcionalidad

A continuación, se presentarán las Historias de Usuario basadas en el levantamiento de requerimientos:

Tabla 1. Historia de usuario: Requerimiento 1.

Como:	Usuario
Quiero:	Que, al abrir la aplicación, despliegue un menú interactivo sobre las funcionalidades propias de la aplicación.
Para:	Conocer las funcionalidades del aplicativo.

Como observamos en la Tabla 1 se propone una interactividad para las diversas funciones del aplicativo con el objetivo de conocer el potencial de la solución.

Tabla 2. Historia de usuario: Requerimiento 2.

Como:	Usuario
--------------	---------

Quiero:	Que al ingresar al menú de Antenas 3D se redirija a la cámara de realidad aumentada.
Para:	Desplegar directamente los objetos virtuales.

Según el requerimiento de la Tabla 2, se propone ingresos directos a las diversas funcionalidades de la aplicación, logrando con esto mayor facilidad de uso para la aplicación.

Tabla 3. Historia de usuario: Requerimiento 3.

Como:	Usuario
Quiero:	Que después de estar en la cámara de realidad aumentada se permita el regreso al menú de interacción.
Para:	Que no haya la necesidad de abrir nuevamente la aplicación para realizar otra consulta.

Basados en la Tabla 3, se pide una operabilidad correcta de la aplicación, la misma deberá poder realizar varias consultas a las diversas vistas sin necesidad de reiniciar la aplicación.

Tabla 4. Historia de usuario: Requerimiento 4.

Como:	Usuario
Quiero:	Que al abrir el menú de lóbulos 3D se redirija a la cámara de realidad aumentada y despliegue directamente los objetos virtuales.
Para:	Conocer las funcionalidades del aplicativo.

El cuarto requerimiento pedido en la Tabla 4 nos indica una fluidez en el aplicativo, donde directamente se pueda visualizar la información de manera rápida en las vistas.

Tabla 5. Historia de usuario: Requerimiento 5.

Como:	Usuario
Quiero:	Que al ingresar al menú de teoría de antenas se despliegue un submenú con un directorio de las antenas más usadas.
Para:	Que se conozca las diferentes antenas que podemos encontrar en el aplicativo.

Basados en la Tabla 5, se indica la creación de submenús los cuales permitan ingresar a vistas con información y teoría de las diversas antenas que se muestran en realidad aumentada en el aplicativo.

Tabla 6. Historia de usuario: Requerimiento 6.

Como:	Usuario
Quiero:	Que al abrir el menú de información se despliegue los datos del motivo del desarrollo de la aplicación, tanto como el desarrollador, tutor y facultad.
Para:	Conocer el motivo del desarrollo del aplicativo.

Como se observa en la Tabla 6, se pide una vista informativa sobre el desarrollo, mostrando información del estudiante y el motivo de desarrollo de la aplicación.

Tabla 7. Historia de usuario: Requerimiento 7.

Como:	Usuario
--------------	---------

Quiero:	Que para el reconocimiento de los objetos virtuales se cree una marca/image target que permita distinguir a cada antena.
Para:	Que el apuntamiento de la cámara sea fácil de usar.

Según el requerimiento de la Tabla 7, se pide una función de reconocimiento rápido para el despliegue de la información, el cual será implementado gracias al uso de códigos QR.

2.3. Product backlog

La Pila de productos o Product Backlog, es una lista ordenada recopilada a partir de la información de las Historias de Usuario en base a una prioridad establecida. La prioridad es establecida por el dueño del proyecto o a su vez por el director de este. En otra perspectiva se lo puede tratar como una iteración o sprint, el cual puede ser de una fracción del proyecto o el producto completo. Su función es mantener una idea clara de los puntos que se desea desarrollar para mantener claras las prioridades del cliente (Azham, Ghani, & Ithnin, 2011).

Para el desarrollo de esta solución se realizó el Product Backlog en base a las Historias de Usuario proporcionadas previamente.

La Tabla 8 nos detallará el product backlog a desarrollar, este cuenta con medidas de prioridad, funcionalidad y estimación de tiempos para cada uno de los requerimientos levantados.

Tabla 8. Product Backlog a desarrollar.

Prioridad (1: alta-2:media- 3:baja)	Funcionalidad	Estimación (días)
1	Recopilar información a desplegar	9
1	Modelar antenas a desplegar	22

1	Mostrar información sobre los tipos de antenas	7
2	Crear marcas para cada antena	7
3	Realizar un catálogo con las marcas de las antenas a desplegar	7
2	Desplegar los objetos virtuales en la interfaz	15
1	Diseño de interfaz amigable	15

A continuación, se encontrará la Pizarra de tareas, donde se podrán diferenciar los distintos niveles de prioridad mediante el uso de *post its* (Alta-Rojo, Media-Amarillo, Baja-Verde).

PENDIENTE	EN CURSO	REALIZADO
Recopilar información a desplegar.		
Modelar objetos 3D.		
Desplegar información en aplicativo móvil.		
Diseñar interfaz amigable.		
Crear marcas para reconocimiento de objetos.		
Ingresar objetos modelados en la aplicación.		
Realizar catálogo con las marcas creadas.		

Figura 15. Pizarra de tareas iniciales.

2.4. Desarrollo

Para empezar con el desarrollo de la solución en base a los diferentes requerimientos obtenidos, se debe descargar el motor de juegos Unity 3D con el SDK Vuforia para el uso de la realidad aumentada.

2.4.1. Instalación Unity 3D

La plataforma de Unity es adaptable a cualquier ambiente (Windows, Linux, MacOS), entre ellos se ha seleccionado el ambiente Windows. Para descargarlo se debe ingresar al siguiente enlace: <https://unity3d.com/get-unity/download> y seleccionar la opción de edición personal. Al realizar la instalación el programa solicitará llenar un formulario para la creación de cuenta en Unity. Para el desarrollo de esta solución se utilizó la versión 2019.2.6f1.

2.4.2. Instalación Vuforia

Al igual que la descarga de Unity 3D, Vuforia se procede de igual manera. Se debe crear una cuenta y descargar el paquete para Unity 3D desde el siguiente enlace: <https://developer.vuforia.com/downloads/sdk>, es muy importante tener en cuenta el perfil creado pues nos será de ayuda para crear la base de datos desde el portal de Vuforia y asociarlo a nuestro proyecto en Unity 3D.

2.4.3. Configurar Unity

Al iniciar un nuevo proyecto en la plataforma de Unity 3D este nos permitirá escoger la plataforma de destino, es importante cambiar la plataforma a Android para que todos los ficheros automáticamente se asocien al IDE como se muestra en la Figura 16.

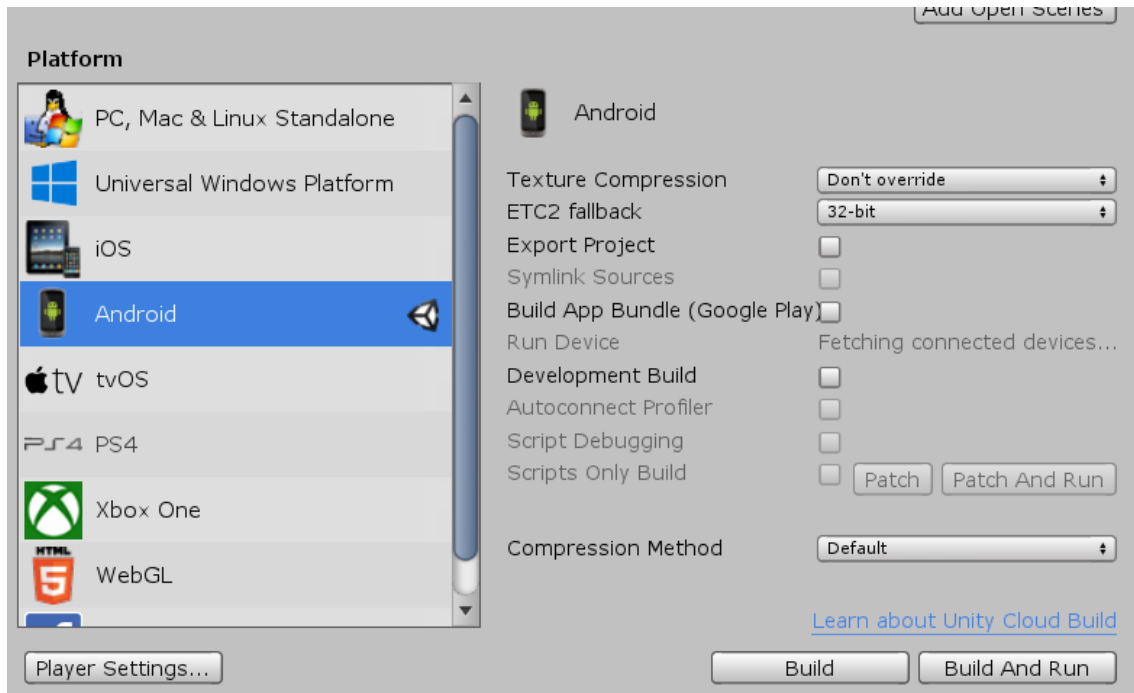


Figura 16. Configuración Unity 3D- Android.

2.4.4. Creación de Marcas/Image Targets

Las marcas o *image targets* nos permitirá relacionar los objetos 3D con una imagen u objeto real, el cual podrá ser identificado con el uso de la cámara del dispositivo y la implementación de Vuforia para el reconocimiento de patrones.

PENDIENTE	EN CURSO	REALIZADO
<p>Modelar objetos 3D.</p> <p>Desplegar información en aplicativo móvil.</p> <p>Diseñar interfaz amigable.</p>	<p>Recopilar información a desplegar.</p> <p>Crear marcas para reconocimiento de objetos.</p>	
<p>Ingresar objetos modelados en la aplicación.</p> <p>Realizar catálogo con las marcas creadas.</p>		

Figura 17. Pizarra de tareas: Creación de Marcas.

Las distintas marcas pueden ser creadas usando varias plataformas entre ellas: Paint, Snagit, ARMaker, etc. Para esta solución se creó las marcas con la

característica de QR, esto nos proporciona un excelente reconocimiento de patrones, las mismas podrán ser encontradas en la Figura 18.



Figura 1. Antena Gregoriana



Figura 2. Antena Cassegrain



Figura 3. Antena Offset



Figura 4. Antena Parabólica



Figura 5. Antena Dipolo



Figura 6. Antena Monopolo



Figura 7. Antena YAGI-UDA



Figura 8. Antena Isotrópica



Figura 9. Antena de Apertura

Figura 18. Marcas utilizadas en la aplicación.

2.4.5. Agregación de marcas en Base de Datos

Una vez lista las marcas a utilizar en el proyecto se debe ingresar al portal de desarrollo de Vuforia el cual nos permitirá crear la licencia y la base de datos que se atará a la aplicación. Para ingresar al portal deberemos ingresar en el siguiente enlace: <https://developer.vuforia.com/vui/auth/login>. Ingresamos con las credenciales previamente ingresadas y nos dirigiremos al apartado de administración de licencias como se indica en la Figura 19 y se debe presionar el botón de obtener una llave de desarrollo.

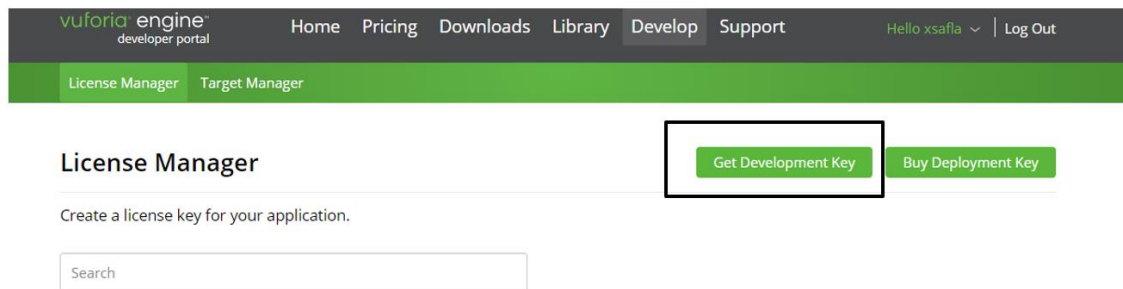


Figura 19. Vuforia License Manager.

A continuación, se ingresará el nombre que se le asignará a la solución y aceptaremos el uso de la licencia gratuita, la licencia gratuita nos permitirá tener una base de datos en la nube sin costo, un uso de hasta 1000 conexiones mensuales y un ingreso de hasta 1000 marcadores.

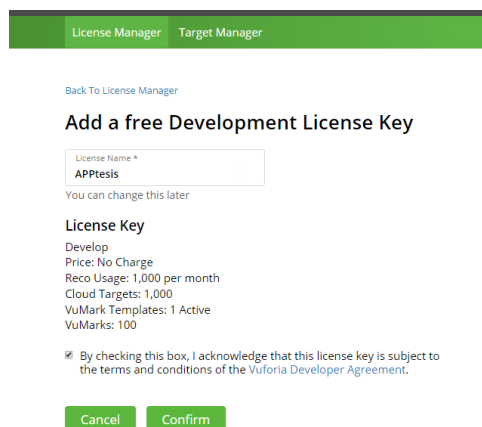


Figura 20. Llave licencia para desarrollo.

Una vez confirmada la llave licencia podremos observar que se nos ha integrado a nuestro perfil una licencia gratuita.

License Manager

[Get Development Key](#)

Create a license key for your application.

Name	Primary UUID [ⓘ]	Type	Status [▼]
APPtesis	N/A	Develop	Active

Figura 21. Confirmación licencia Vuforia.

Con la licencia confirmada se podrá ingresar en la misma página donde se encontrará la llave de uso, esta llave deberá ser ingresada en Unity 3D para asociar la base de datos.

License Manager > APPtesis

APPtesis

[Edit Name](#) [Delete License Key](#)

License Key
Usage

Please copy the license key below into your app

```

Afx5d7b/////AAABmQKLJyst9UGMoDITOBH+pnVwU1vcNMtttHuckvDm53na60R/5f709oUZDXqSBgEuH4UupGTL+ga/FUXuTQapCdT3Vm
XBH9UAQ821F5LiprWg9VgRInMP2BBbbVt3abogMLTOBgCMBEg23nSkob3fnaVZfpNmj/qFin1RZ+zxYqbx3w55+dEXMYS7by7+NAOcgaiu
f8EFjDGq8uPkwk2ehN1G4WWIW0DqUR1kN4gDhtFIdS1GdXZ9dvSN2+EISZVFFAw1TVu12aT0pfwzdw8SczQ/OoT90GNPWnRO5zS6HnPe2
qX1L0nFQa02p8/nT2QIv7+2HhMxv5c1/ig1DkVEge97 [REDACTED]
```

Plan Type: Develop
Status: Active
Created: Sep 27, 2019 12:25
License UUID: 7f9c2d7b27fd41e4863e8110 [REDACTED]

Permissions:

- Advanced Camera
- External Camera
- Model Targets
- Watermark

Figura 22. Llave para asociar en Unity 3D.

Para ingresar la llave de Vuforia se deberá ingresar en el panel principal de Unity 3D a la pestaña Windows, después se ingresará al apartado de configuración de Vuforia el cual desplegará en el costado lateral derecho un panel de

configuración en el cual se ingresará la llave obtenida en el portal de desarrollo de Vuforia como se muestra en la Figura 23.

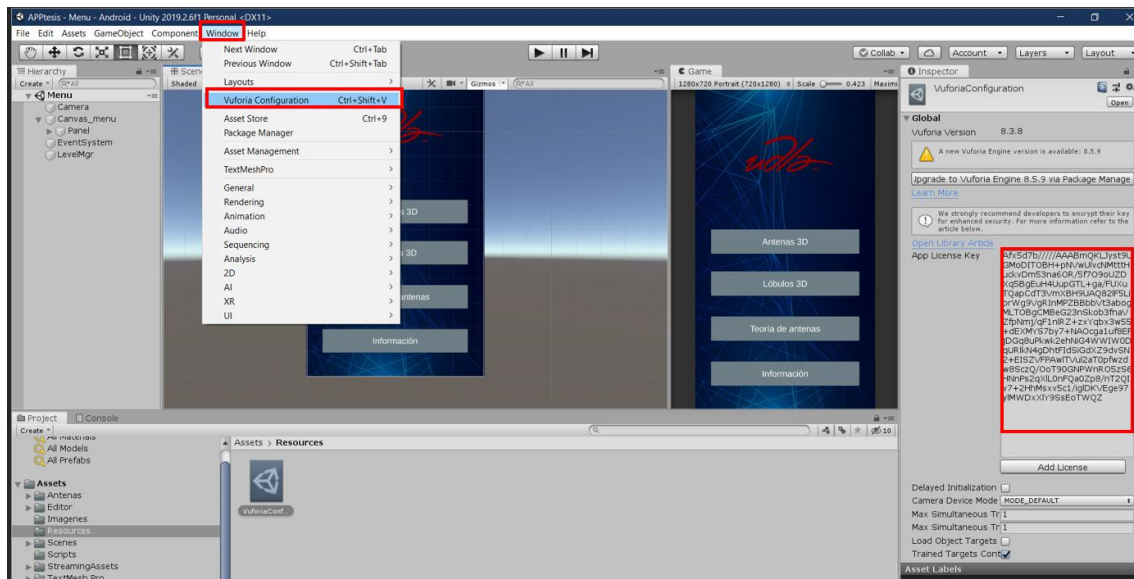


Figura 23. Ingreso llave de Vuforia.

Una vez asociada la llave y la creación del proyecto se deberá ingresar los marcadores a la base de datos, para lo cual se debe regresar al portal de desarrollo de Vuforia y crear una base de datos la cual se atará al proyecto. Para esto se debe dirigir a la pestaña de manejo de marcadores (*Target Manager*) y seleccionar agregar base de datos (*Add Database*).

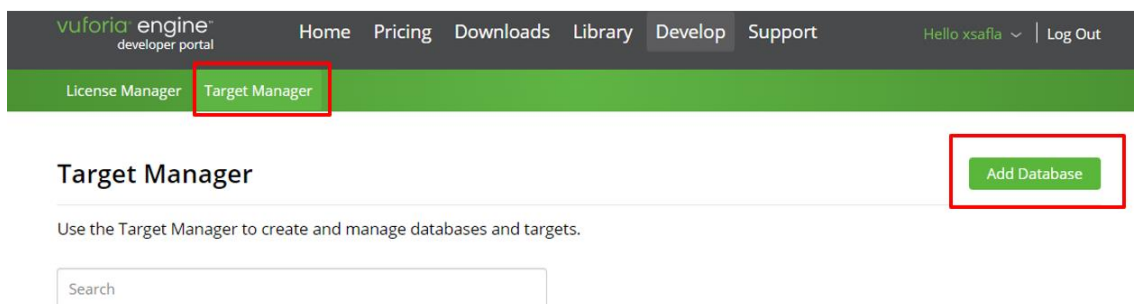


Figura 24. Creación Base de Datos Vuforia.

Al presionar el botón de agregar una base de datos se desplegará un cuadro de opciones como se observa en la Figura 25.

Create Database

Database Name *
Apptesis

Type:

Device
 Cloud
 VuMark

APPtesis

To create a license key please go to the [License Manager](#)

Cancel Create

Figura 25. Propiedades de la Base de Datos.

Como se observa en la Figura 25, se ingresa el nombre de la base de datos a crear y su tipo. El tipo seleccionado para la base de datos es *Cloud*, la cual nos permitirá manejar los marcadores desde la plataforma de desarrollo de Vuforia. Para el uso de esta propiedad en la nube se asociará a la llave previamente creada la cual permitirá obtener un enlace con la nube desde el dispositivo a la base de datos.

Con la base de datos correctamente creada y asociada a la aplicación se podrá ingresar los marcadores, para lo cual se deberá ingresar en la base de datos y presionar el botón de agregar un marcador como se muestra en la Figura 26.

License Manager Target Manager

Target Manager > APPtesis

APPtesis [Edit Name](#)

Type: Device

Targets (8)

Add Target

Figura 26. Agregar marcador a la BD.

Add Target

Type:

Single Image Cuboid Cylinder 3D Object

File:

.jpg or .png (max file 2mb)

Width:

Enter the width of your target in scene units. The size of the target should be on the same scale as your augmented virtual content. Vuforia uses meters as the default unit scale. The target's height will be calculated when you upload your image.

Name:

Name must be unique to a database. When a target is detected in your application, this will be reported in the API.









Figura 27. Configuración de marcador en BD.

Como se observa en la Figura 27 se agregan los parámetros de los marcadores, donde se deberá seleccionar el tipo “imagen simple” el cual permitirá asociar los marcadores previamente creados, en el parámetro de ancho se deberá ingresar el valor a escala que se está usando para el reconocimiento en base a la altura del dispositivo y del marcador. Para este valor se ha ingresado el valor “4” el cual permitirá un perfecto reconocimiento de los marcadores además que se asociará a la escala de los objetos 3D, además se ingresará un nombre al marcador el cual proporcionará identificadores en el momento de desplegarlo en Unity 3D.

APPtesis [Edit Name](#)
Type: Device

TARGETS (8)

[Add Target](#) [Download Database \(All\)](#)

Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
 gregoriana	Single Image	★★★★★	Active	Apr 13, 2020 18:29
 cassegrain	Single Image	★★★★★	Active	Apr 13, 2020 13:52
 offset	Single Image	★★★★★	Active	Apr 13, 2020 13:11
 ant_dipolo	Single Image	★★★★★	Active	Apr 08, 2020 11:21
 ant_monopolo	Single Image	★★★★★	Active	Apr 08, 2020 11:20
 ant_yagi	Single Image	★★★★★	Active	Apr 08, 2020 11:19
 ant_parabolica	Single Image	★★★★★	Active	Apr 08, 2020 11:18
 ant_isotropica	Single Image	★★★★★	Active	Apr 08, 2020 10:58

Last updated: Today 12:23 PM [Refresh](#)

Figura 28. Descargar BD a Unity 3D.

Como se observa en la Figura 28, una vez ingresado los diversos marcadores a usar en la aplicación se procede a descargar la base de datos desde el botón de descarga. El cual permitirá escoger el IDE de destino, para lo cual se escogerá la opción de Unity como se observa en la Figura 29.

Download Database

8 of 8 active targets will be downloaded

Name:
APPtesis

Select a development platform:

Android Studio, Xcode or Visual Studio

Unity Editor

Figura 29. Formato de descarga de BD.

Por último, se ingresará en el paquete descargado el cual nos desplegará la información que se muestra en la Figura 30. Se seleccionarán todos los archivos y posteriormente se dará clic en la opción de importar y se obtendrá los marcadores en la base de datos de Unity listos para ser asociados con los objetos 3D.

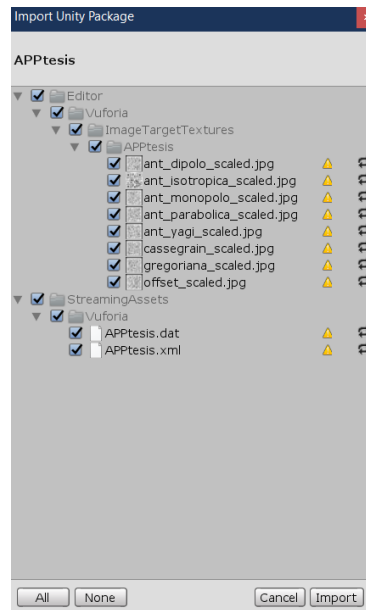


Figura 30. Importar BD en Unity3D.

2.4.6. Proceso de Modelamiento

La construcción de los objetos 3D se basa en la aplicación del software AutoCAD y la información recolectada sobre las diversas antenas con sus lóbulos de radiación. La construcción de los objetos se deberá ingresar en el software AutoCAD y posteriormente se creará un nuevo espacio de trabajo 2D, pues la construcción de cada objeto que se asociará en conjunto a una antena las cuales serán 2D y posteriormente transformadas a 3D.

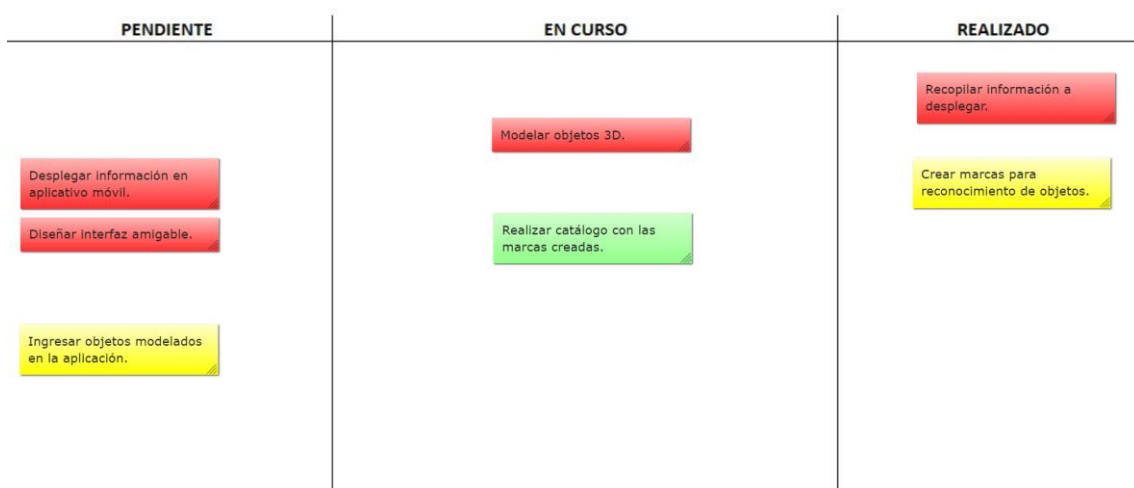


Figura 31. Pizarra de tareas: Modelamiento.

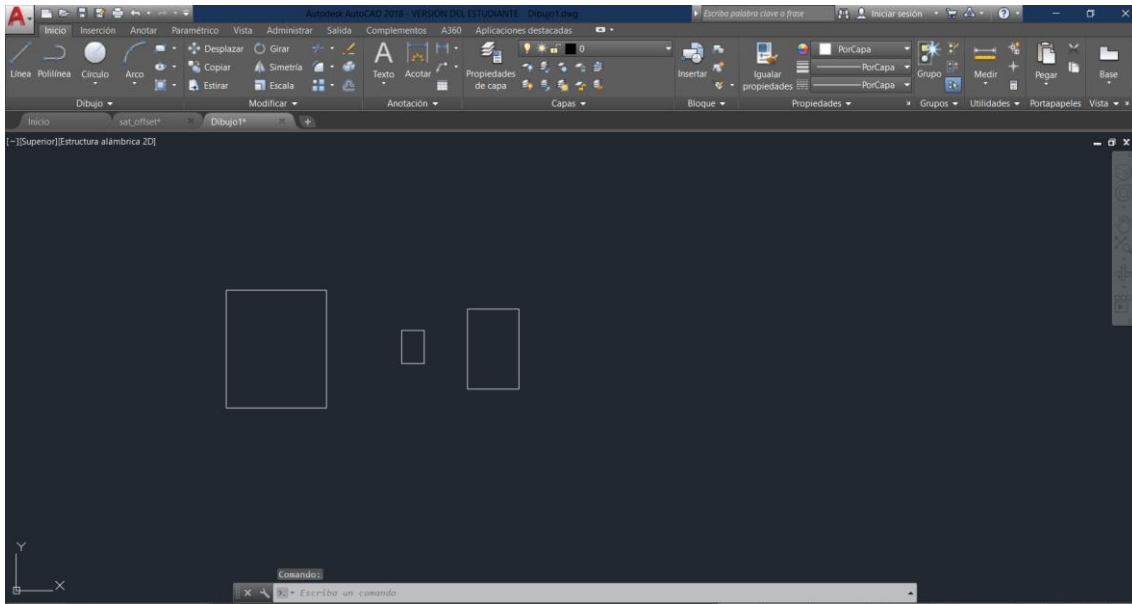


Figura 32. Modelamiento base.

Como se puede observar en la Figura 32 se comienza con la plataforma que servirá de base para la antena, en este caso se mostrará el proceso de modelamiento de una antena parabólica. La base está formada por 3 rectángulos los cuales proporcionarán la base al piso, el conector de base tierra a base de platillo. Para formar sus características se ingresará en un plano 3D y se procederá a usar la herramienta “*Extrude*” la cual permitirá transformar los rectángulos 2D a plataformas 3D como se observa en la Figura 33.

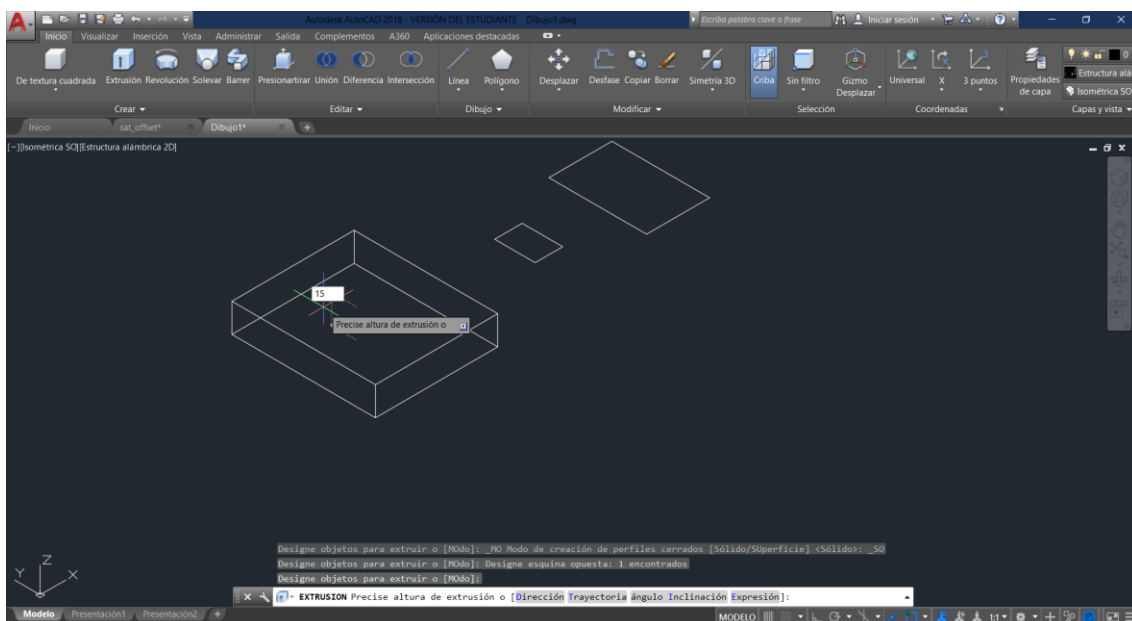


Figura 33. Uso herramienta Extrude.

Una vez levantadas todas las figuras diseñadas en el paso anterior se procederá a organizar en orden cada uno de los elementos, permitiendo formar un solo objeto, el cual se podrá seleccionar y guardar como un solo objeto 3D como se muestra en la Figura 34.

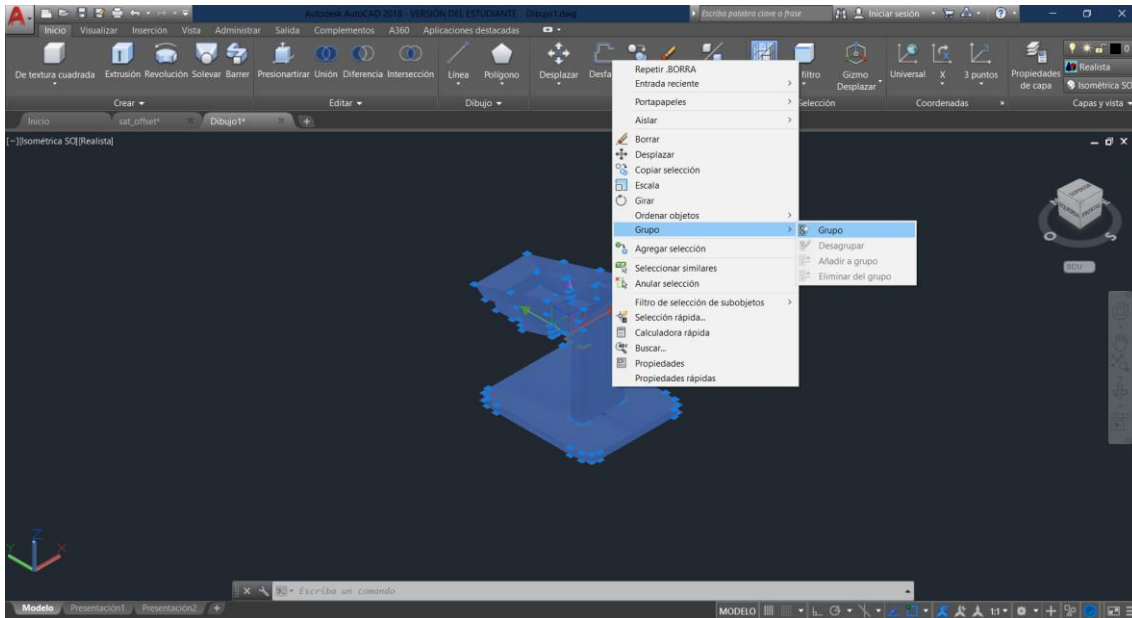


Figura 34. Creación de grupos 3D.

Para formar el plato de la antena parabólica se deberá regresar a la vista 2D y formar la siguiente figura 2D como se indica en la Figura 35.

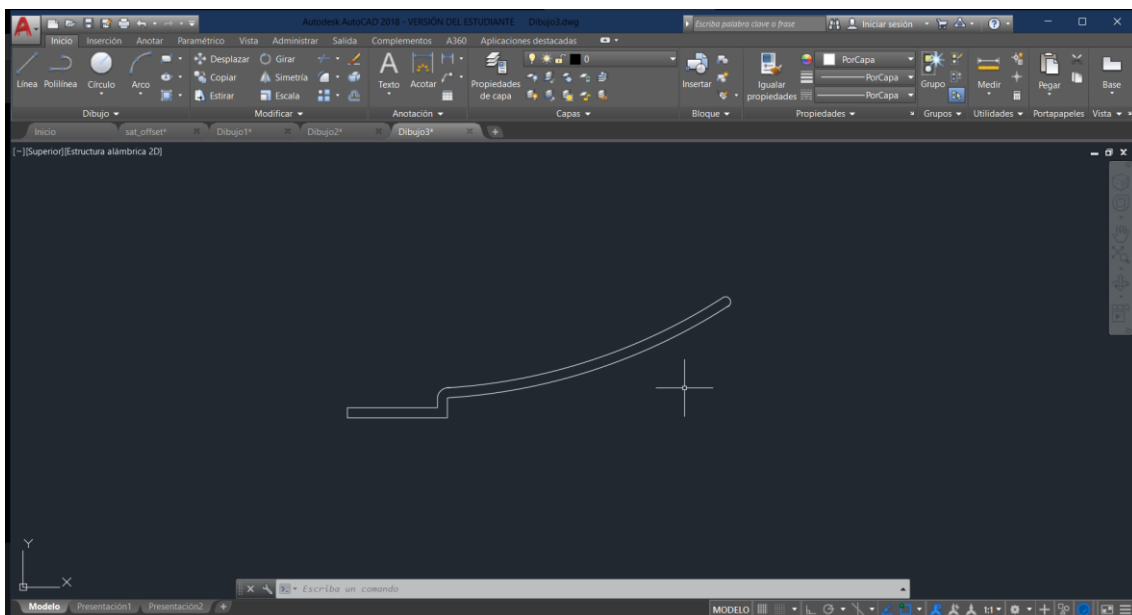


Figura 35. Modelamiento Plato 2D.

Posteriormente se pasará a la visualización 3D donde se escogerá la herramienta “*Extrude*” la cual permitirá realizar de forma tipo plato a el objeto modelado ingresando el valor de 360 grados.

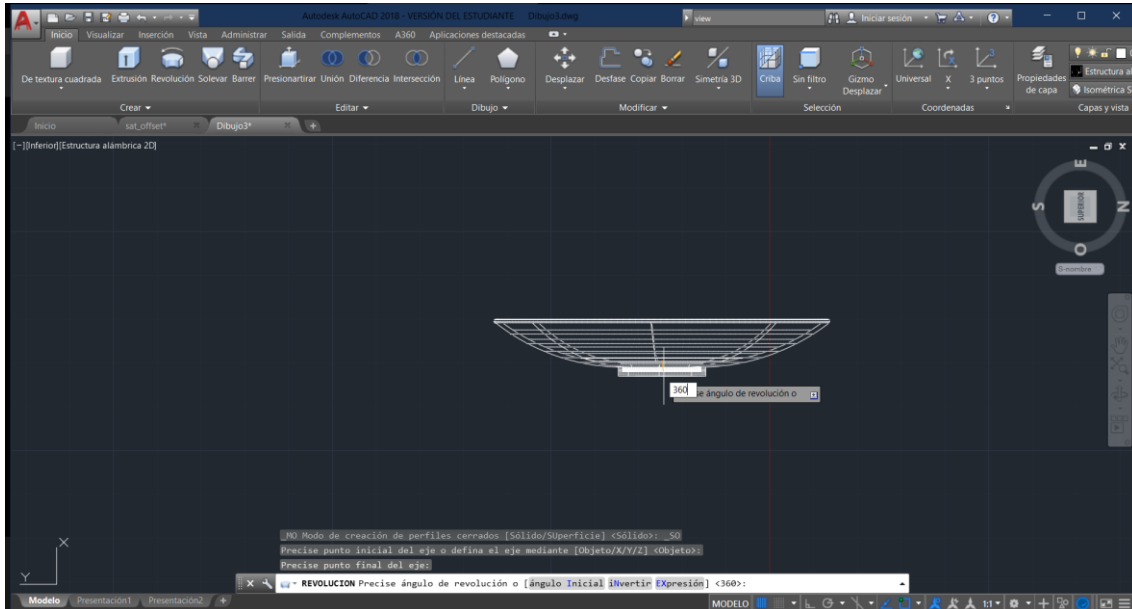


Figura 36. Plato 3D.

Para la construcción del alimentador se hará uso de las herramientas 3D que permiten construir objetos en base a figuras geométricas, entre las cuales se usará el rectángulo, esfera y cilindro como se puede observar en la Figura 37.

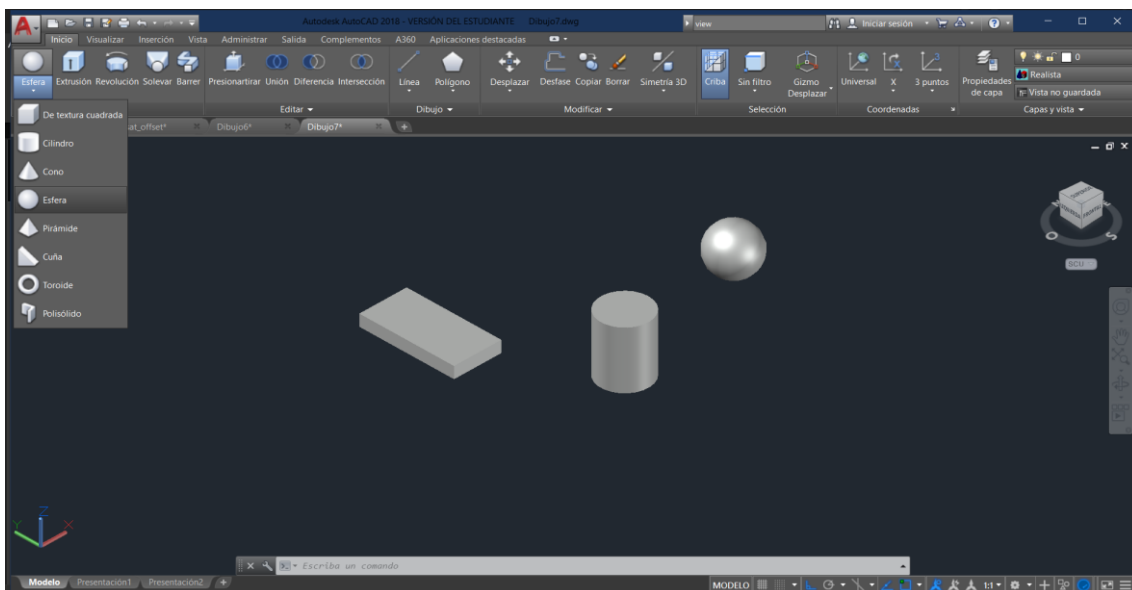


Figura 37. Modelamiento alimentador de antena.

Posterior al tener las figuras levantadas se procede a unir las, logrando con la unión de estas el alimentador a ser usado en la antena modelada.

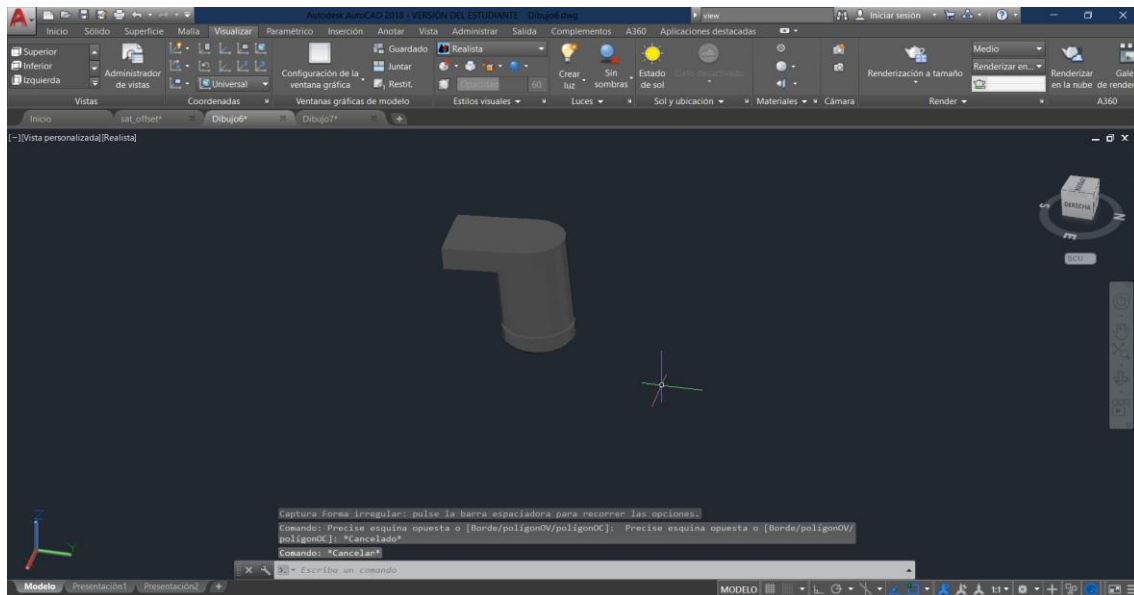


Figura 38. Alimentador modelado.

Una vez modelado el alimentador, el plato, y el soporte se deberá modelar el soporte superior el cual permitirá conectar al alimentador con la base principal como se muestra en la Figura 39.

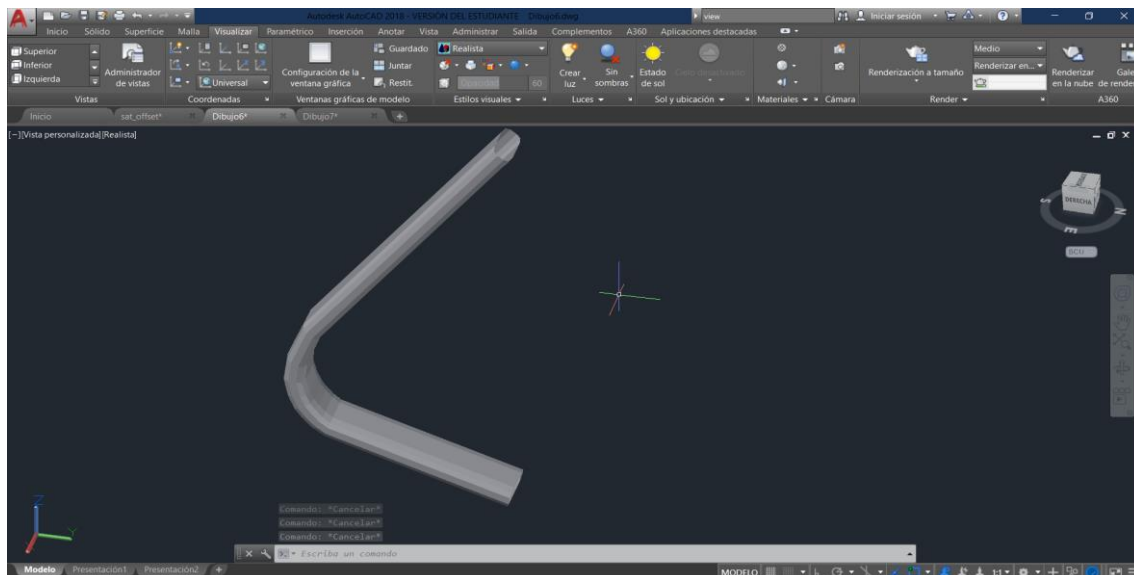


Figura 39. Base superior modelada.

Una vez modelada las partes que necesita la antena se procede a formarlas, uniendo todos los objetos modelados y convirtiéndolos en un solo grupo para formar la antena completa como se observa en la Figura 40.

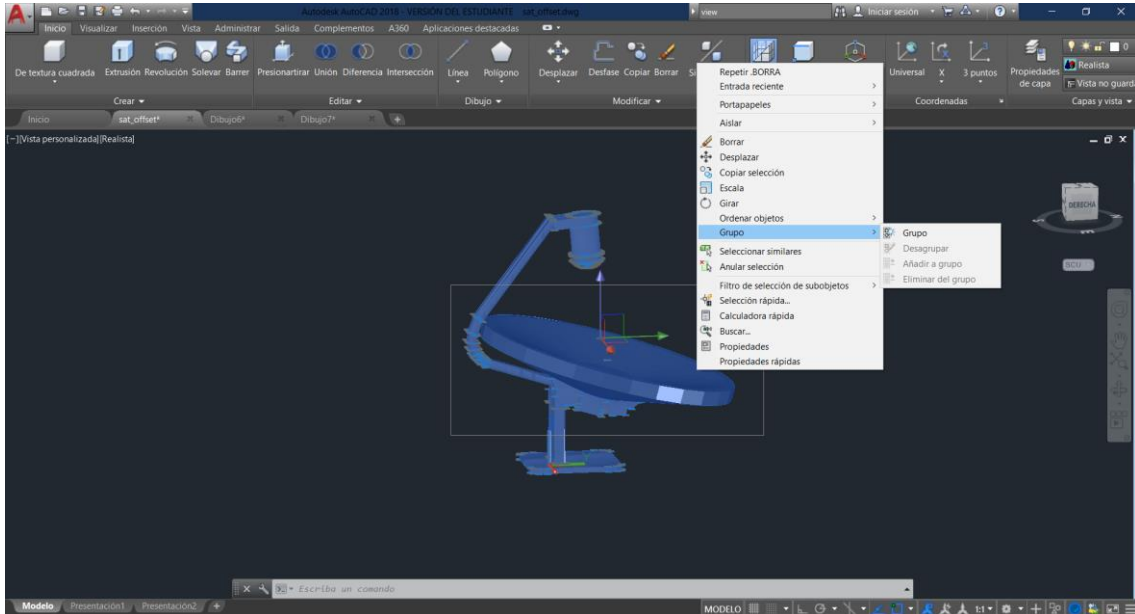


Figura 40. Modelamiento de Antena completo.

Al completar el proceso de modelamiento de la antena se procede a realizar el modelamiento de su lóbulo de radiación de la misma manera.

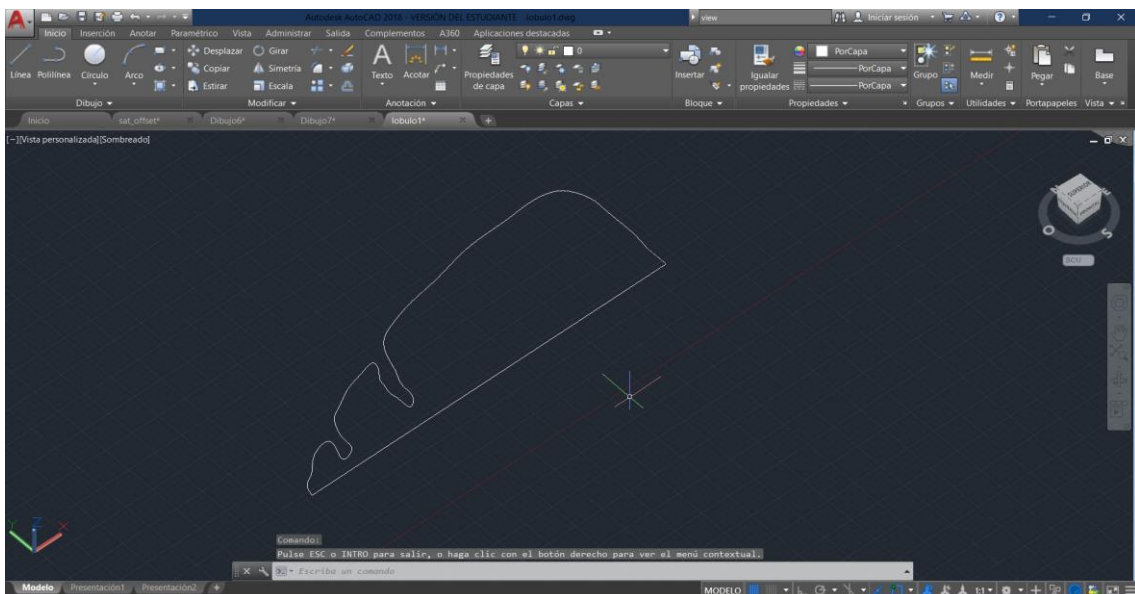


Figura 41. Base modelamiento lóbulo de radiación.

Como se observa en la Figura 41 se realizó la estructura base para el modelamiento del lóbulo de radiación, a continuación, se deberá transformar el objeto 2D a 3D mediante la herramienta “Revolución” y dando un valor de 360 grados para su rotación.

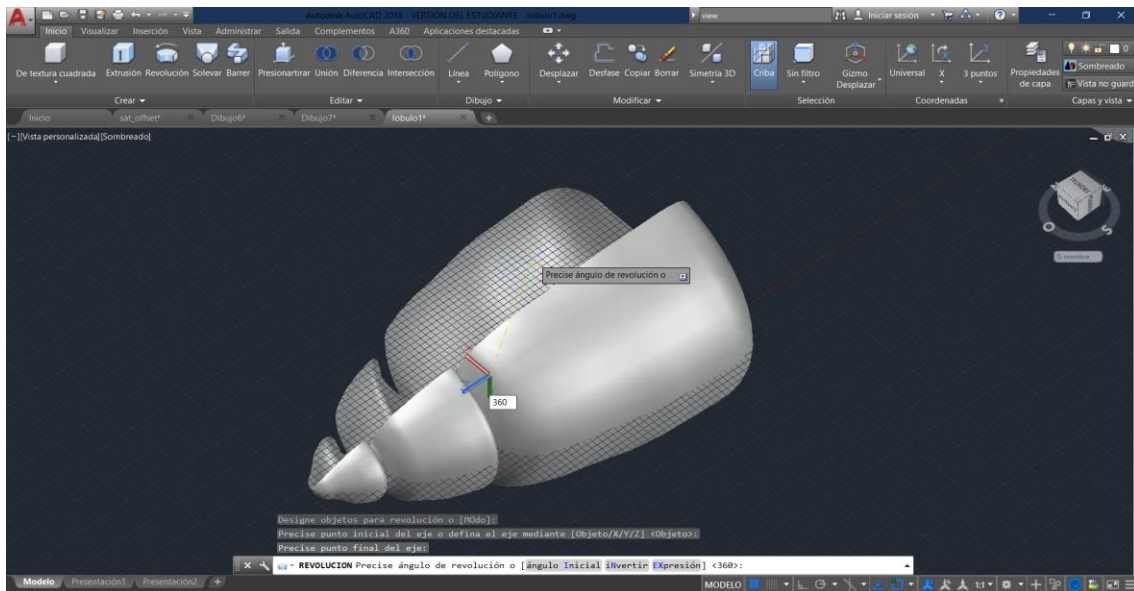


Figura 42. Objeto 3D lóbulo de radiación.

2.4.7. Construcción de la aplicación

Unity permite realizar la construcción de escenas 2D y 3D de forma muy intuitiva, donde se podrá ingresar los objetos previamente modelados y asociarlos a las marcas creadas.

PENDIENTE	EN CURSO	REALIZADO
	<p>Desplegar información en aplicativo móvil.</p> <p>Diseñar interfaz amigable.</p> <p>Ingresar objetos modelados en la aplicación.</p>	<p>Recopilar información a desplegar.</p> <p>Modelar objetos 3D.</p> <p>Crear marcas para reconocimiento de objetos.</p> <p>Realizar catálogo con las marcas creadas.</p>

Figura 43. Pizarra de tareas: Construcción de escenas.

Las diversas escenas que deberán ser ingresadas en el aplicativo son: Inicio, Antenas 3D, Lóbulos 3D, Teoría de Antenas (Ant. Dipolo, Ant. Monopolo, Ant. Yagi, Ant. Parabólica, Ant. Isotrópica) e Información.

2.4.7.1. Construcción escenas

El diseño de las interfaces de usuario se realizó en el mismo motor de juegos Unity, lo que permite mantener un óptimo uso de los recursos y evitar el acoplamiento de otras herramientas de diseño como “Pencil”. La herramienta “Pencil” nos permite diseñar interfaces de usuario, de escritorio o de plataformas móviles (Evolus, s.f.).

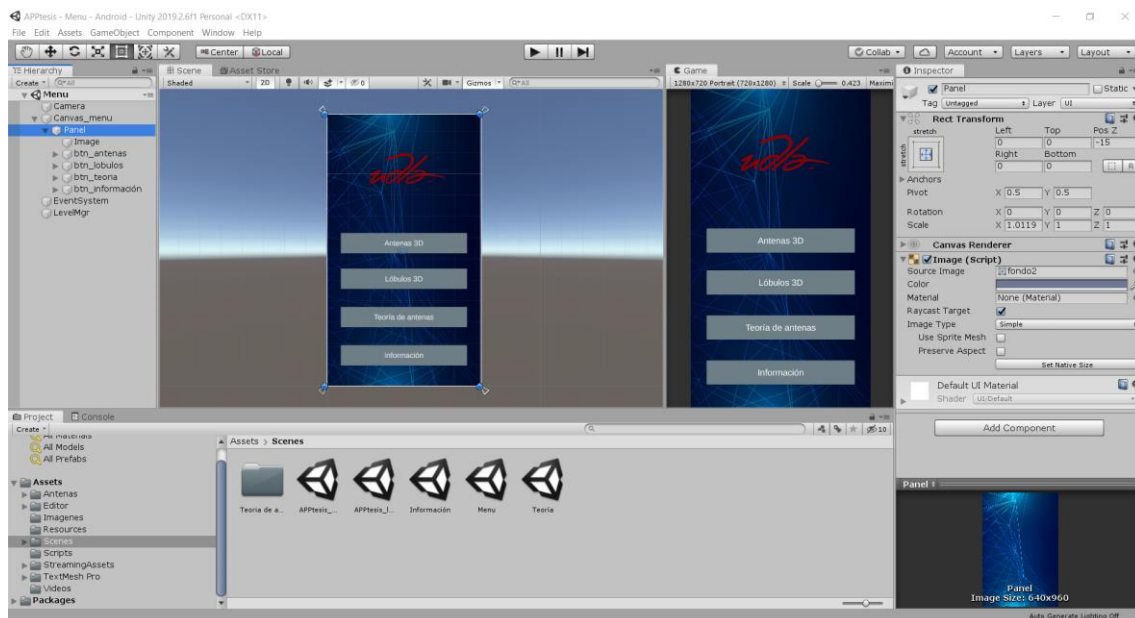


Figura 44. Escena inicio.

Lo que se visualiza en la Figura 44 es la interfaz de inicio, la cual será la primera pantalla en desplegarse al momento de abrir la aplicación. Es la interfaz más importante de todas porque permite escoger la acción que se desea realizar entre ellas: ingresar a las antenas, lóbulos, teoría de antenas e información de la aplicación.

Para poder desplegar realidad aumentada en la aplicación es importante borrar la cámara que viene por defecto en la vista y agregar una nueva cámara AR.

cual es proporcionada por Vuforia, dicha cámara se encuentra en la sección *Project > Assets > Qualcomm Augmented Unity > Prefabs*.

Para la creación de la primera interfaz interna se deberá agregar los objetos previamente modelados al motor de juegos Unity. Primero se debe crear una vista vacía en la cual se colocará previamente con una separación los marcadores reservados en la base de datos como se indica en la Figura 45.

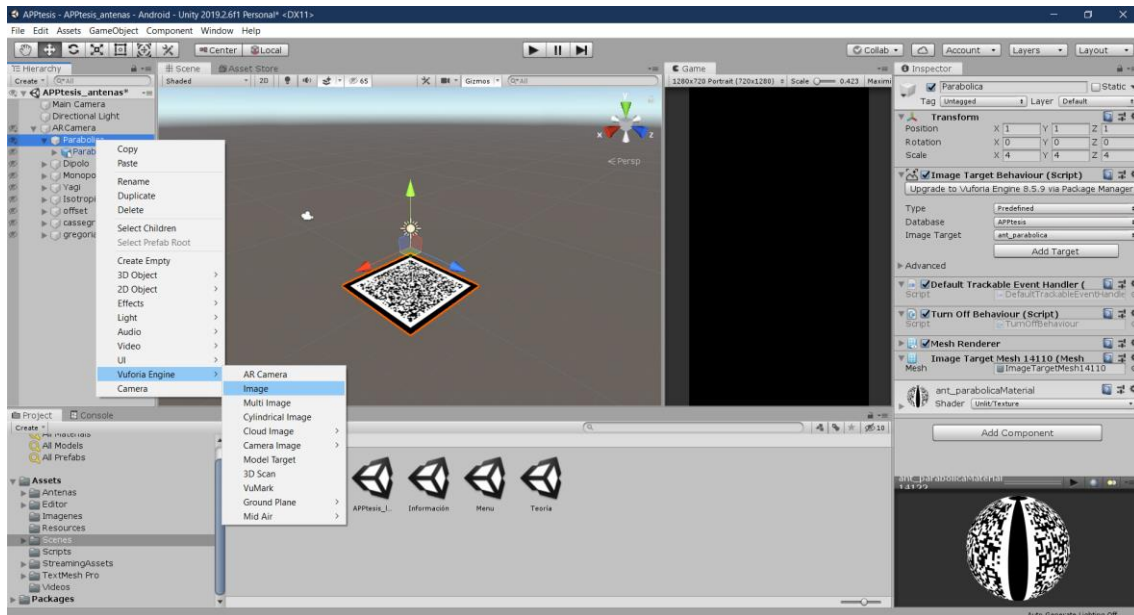


Figura 45. Ingreso de marcador a la vista.

Una vez ingresado el marcador será de suma importancia en las características de este, otorgarle el marcador correspondiente al objeto a asociar como se visualiza en la Figura 46.

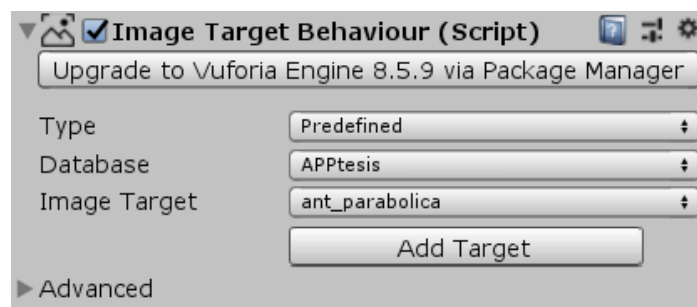


Figura 46. Selección de marcador para objeto 3D.

Con el marcador ingresado en la vista se podrá importar el objeto 3D previamente modelado. Para esto se deberá mantener un orden, por lo cual es

importante crear un directorio de carpetas donde se podrá ubicar a cada antena para su posterior uso como se muestra en la Figura 47.



Figura 47. Directorio de carpetas para objetos 3D.

Una vez creado el directorio se podrá importar los objetos 3D en su respectiva carpeta como se muestra en la Figura 48.

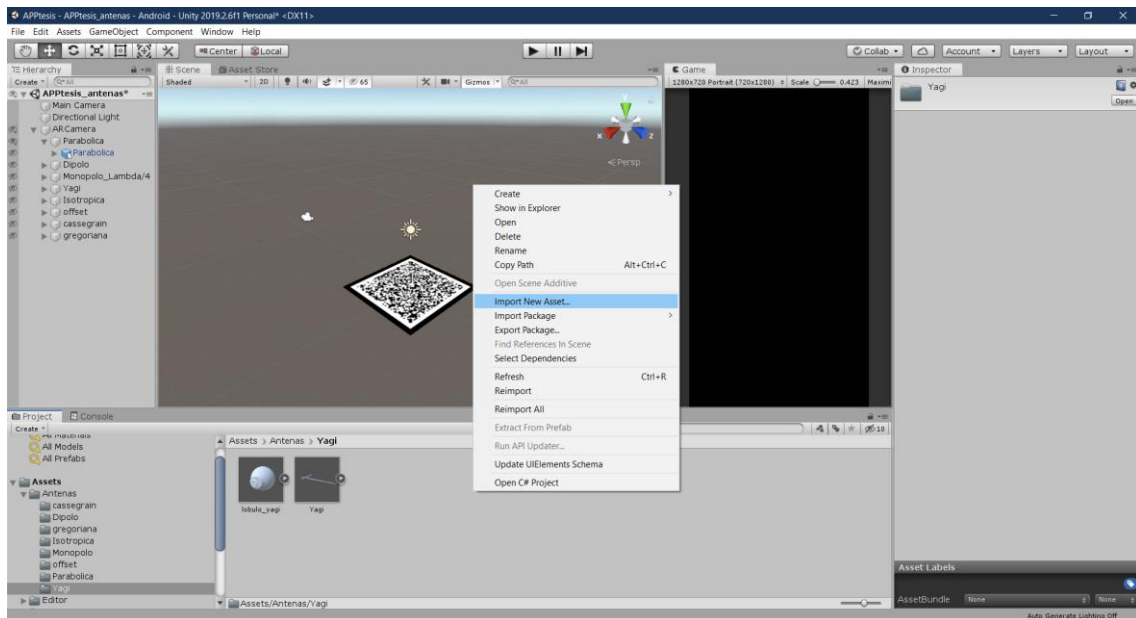


Figura 48. Importación de objetos 3D.

Con los objetos 3D importados en el sistema, se podrá arrastrar los objetos a la vista sobre el marcador previamente asociado obteniendo el resultado de la Figura 49.

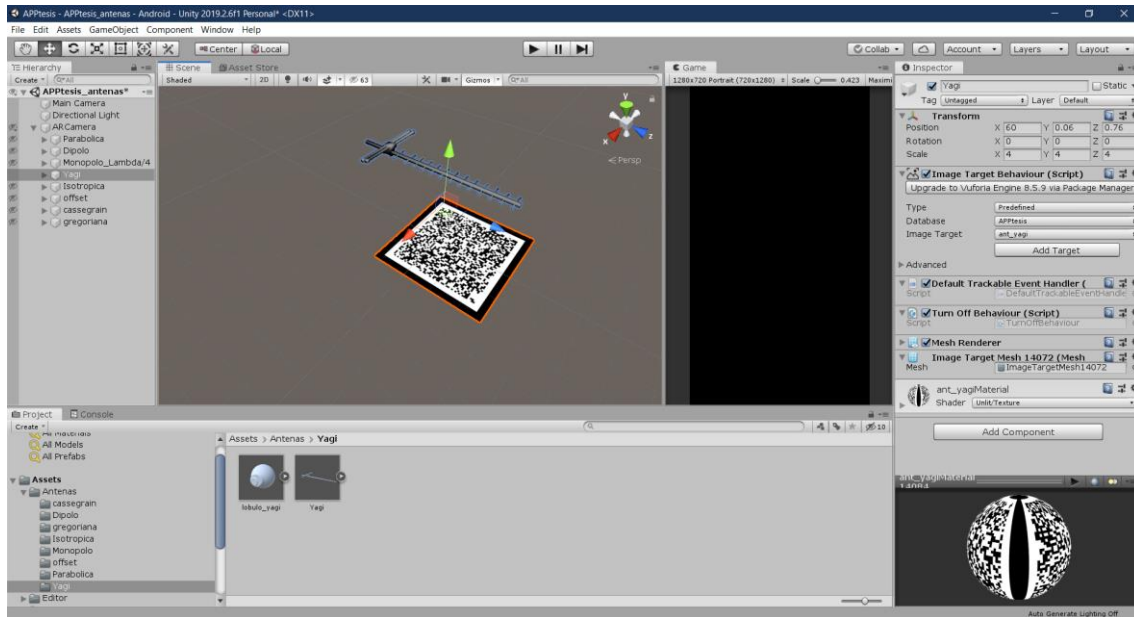


Figura 49. Objeto 3D ingresado en la vista.

Para la creación de la segunda vista la cual consta de la característica de despliegue de antenas y sus lóbulos de radiación es el mismo proceso. Para esto se deberá crear una nueva vista e ingresar los marcadores, las antenas, y los lóbulos como se muestra en la Figura 50.

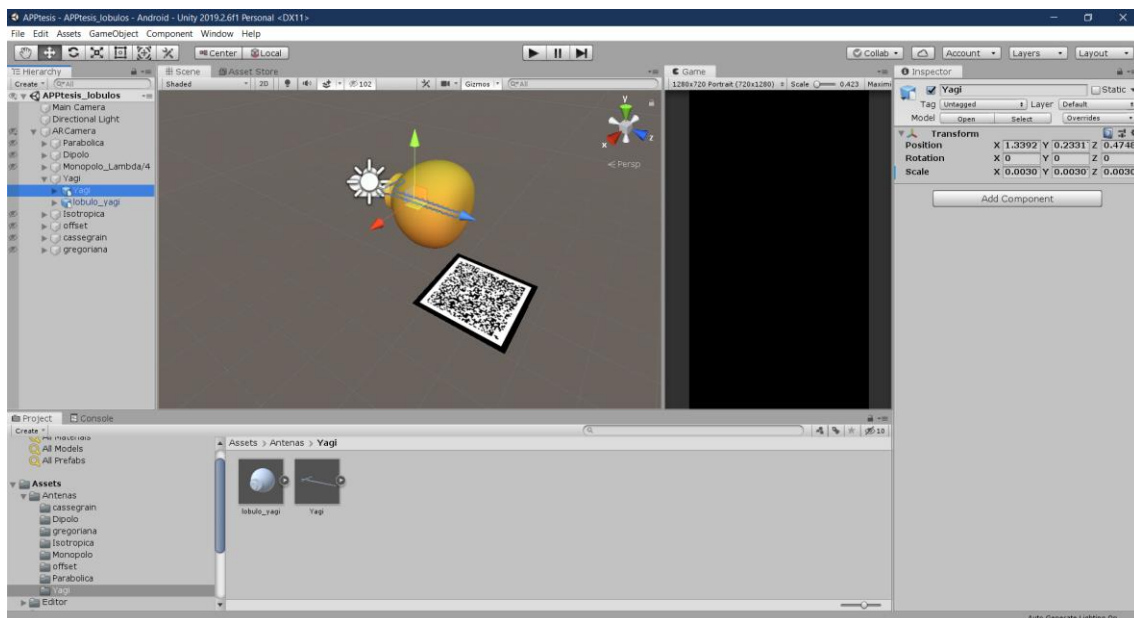


Figura 50. Lóbulo 3D asociado al objeto 3D.

Para la tercera vista de la aplicación (teoría de antenas), al igual que las vistas previas se agregará una nueva vista, la cual contendrá botones los cuales

permitirán ingresar a sub vistas de la aplicación como se muestra en la Figura 51.

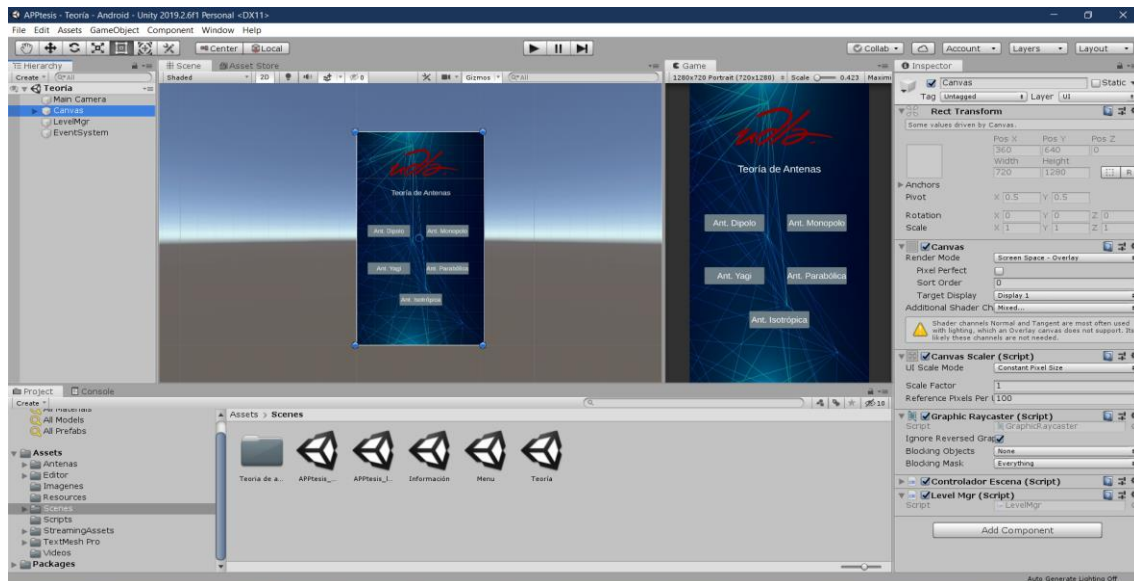


Figura 51. Vista teoría de antenas.

Al ingresar en cada opción de la vista de teoría de antenas se podrá ingresar a una nueva vista, la cual, al igual se deberá crear nuevamente y asociarla a la información recolectada en base a la teoría impartida en el aula de clase.

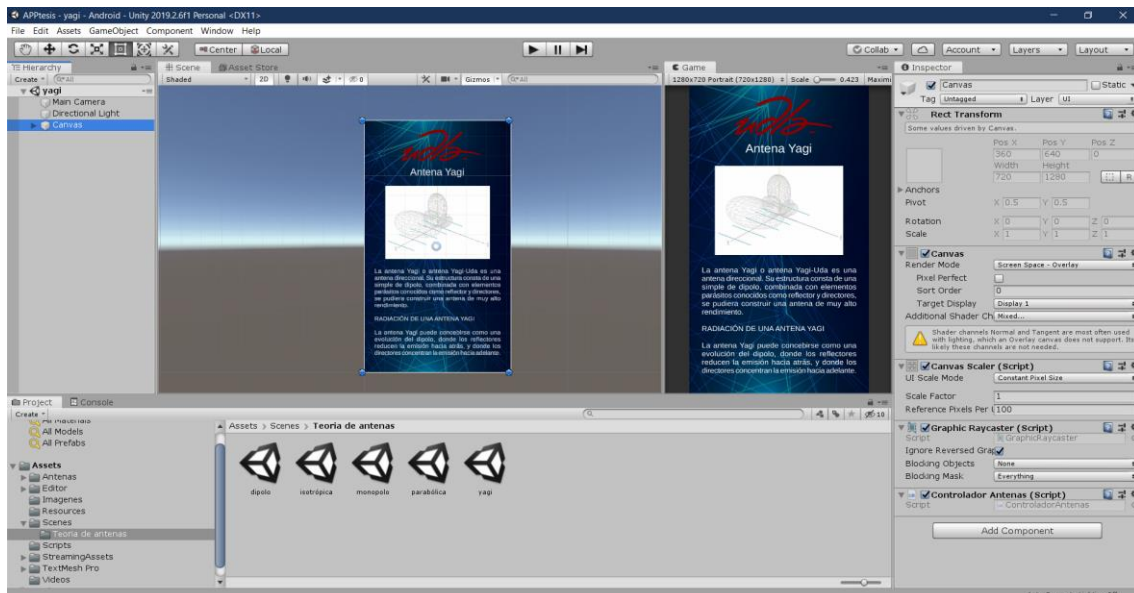


Figura 52. Sub vista de teoría de antenas.

PENDIENTE	EN CURSO	REALIZADO
	<p>Diseñar interfaz amigable.</p> <p>Realizar catálogo con las marcas creadas.</p>	<p>Recopilar información a desplegar.</p> <p>Modelar objetos 3D.</p> <p>Desplegar información en aplicativo móvil.</p> <p>Ingresar objetos modelados en la aplicación.</p> <p>Crear marcas para reconocimiento de objetos.</p>

Figura 53. Pizarra de tareas: Construcción de APK.

2.4.7.2. Construcción APK

Para una correcta construcción del archivo .apk, es indispensable añadir todas las escenas previamente creadas en la interfaz de selección de escenas. Para lo cual se deberá dirigir a la pestaña *File > Build setting*, como se muestra en la Figura 54.

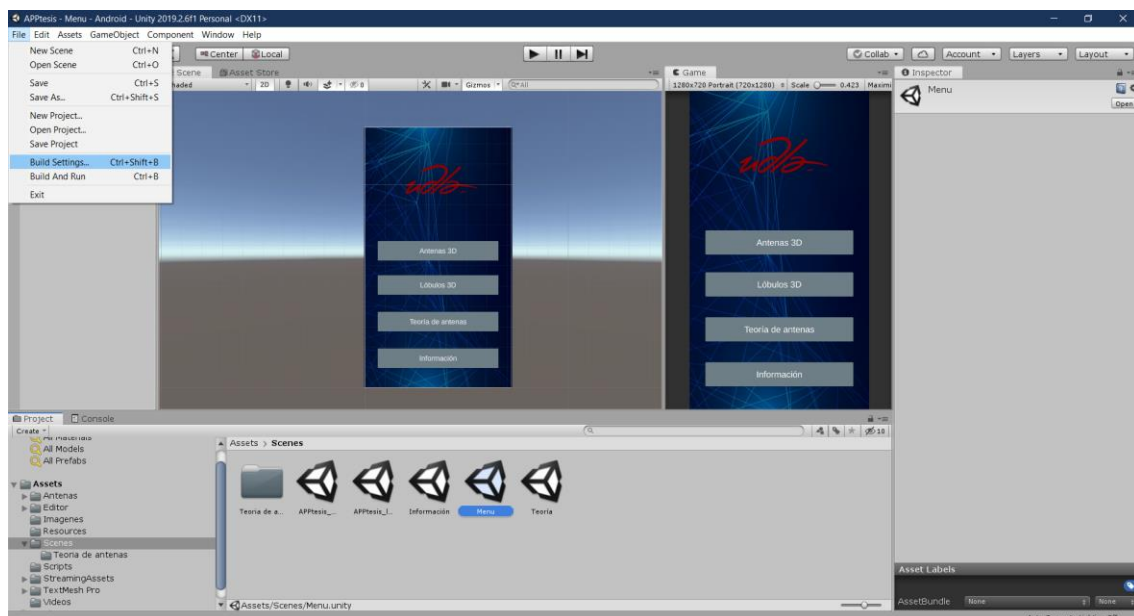


Figura 54. Construcción archivo apk.

En la sección de *Scenes In Build* se deberá seleccionar las escenas creadas en la aplicación como se observa en la Figura 55.



Figura 55. Ingreso de escenas en archivo apk.

Con las escenas agregadas a la construcción de la aplicación se procederá a ingresar a la configuración interna de la APK, para lo cual se deberá en la misma pestaña ingresar al menú *Player Settings* como se indica en la Figura 56.

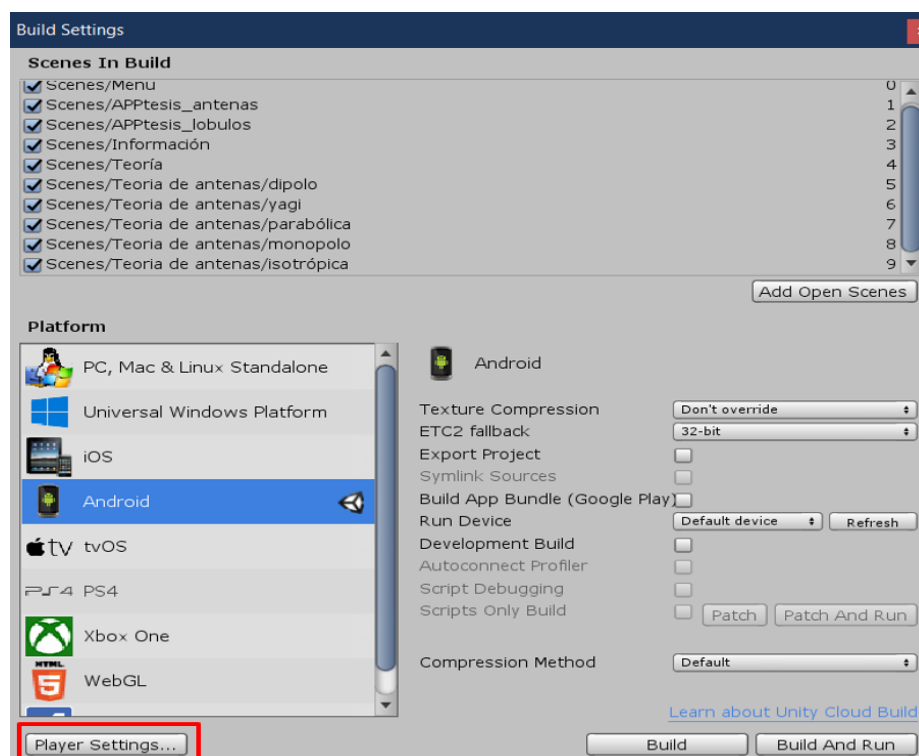


Figura 56. Configuración del apk.

Al ingresar a esta opción se mostrará información a desplegar por la aplicación, la cual consta de la organización, nombre de la aplicación, icono propio para la apk y principalmente el soporte para el uso de la herramienta Vuforia. Esta opción es debe seleccionar como se indica en la Figura 57.

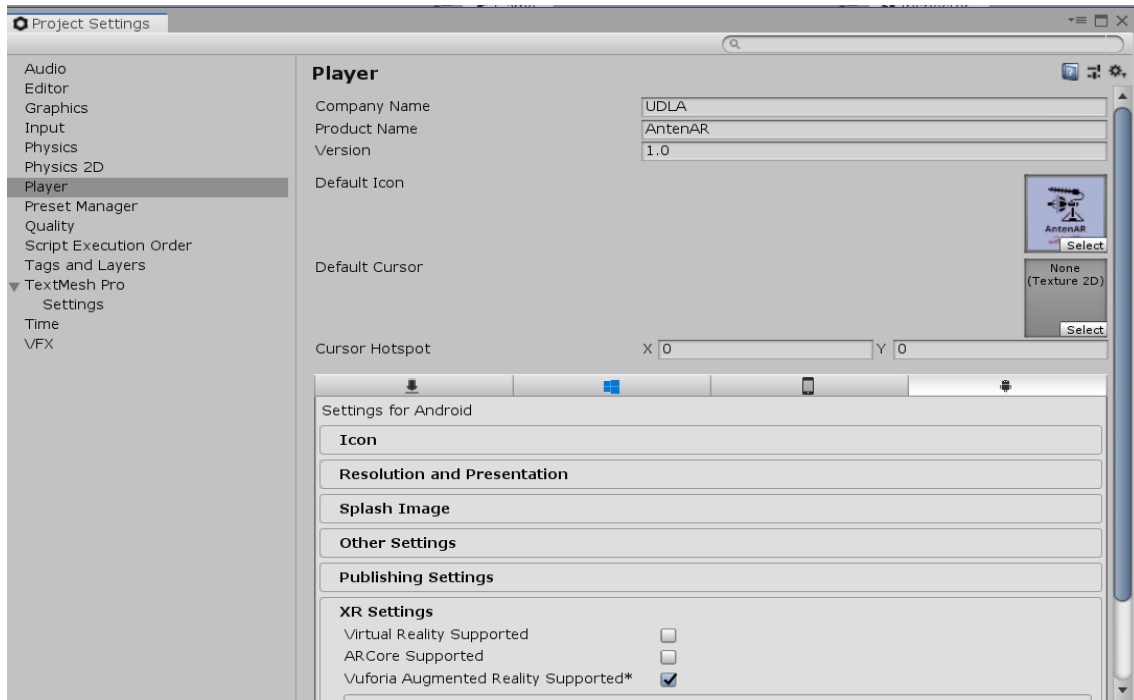


Figura 57. Características de la aplicación.

Es importante ingresar en el menú de resolución de la aplicación, pues permitirá definir aspectos importantes como se observa en la Figura 58.

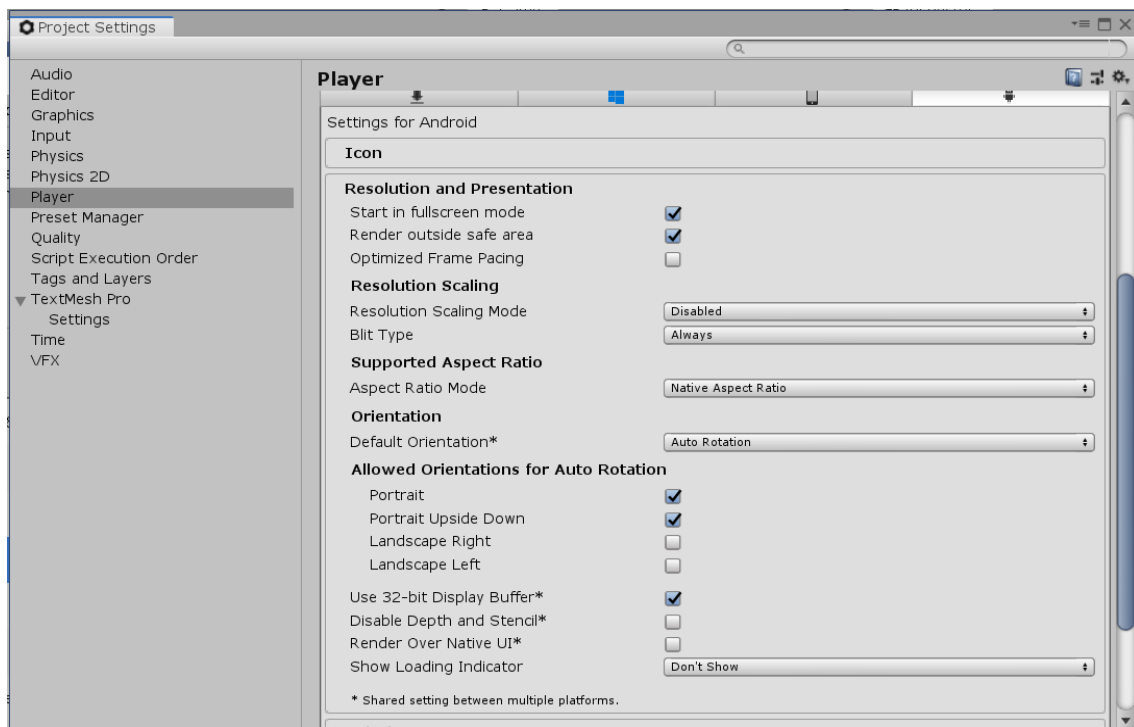


Figura 58. Resolución de apk.

Entre las características que se encuentran en la pestaña de resolución de la apk, está la opción de ingresar en pantalla completa a la aplicación, relación de la pantalla, orientación de la aplicación. Por último, con todas las características configuradas se procederá a construir el archivo apk presionando el botón *Build* en la pestaña inicial como se indica en la Figura 59.

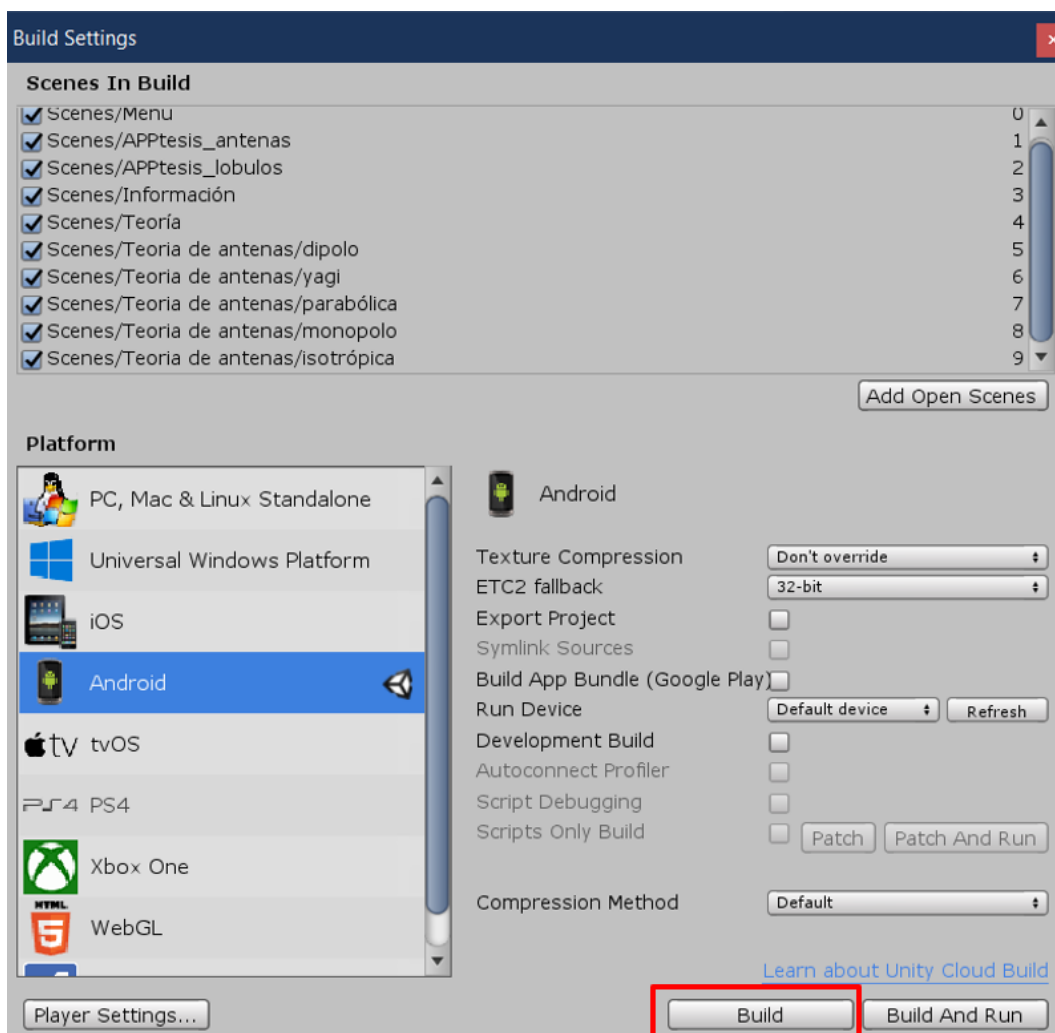


Figura 59. Construcción archivo apk final.

Como se puede observar en la Figura 60, se ha terminado el proceso de desarrollo de la aplicación en base a los requerimientos y estados en función del tiempo propuestos.

PENDIENTE	EN CURSO	REALIZADO
		Recopilar información a desplegar.
		Modelar objetos 3D.
		Desplegar información en aplicativo móvil.
		Diseñar interfaz amigable.
		Ingresar objetos modelados en la aplicación.
		Crear marcas para reconocimiento de objetos.
		Realizar catálogo con las marcas creadas.

Figura 60. Pizarra de tareas: finalizada.

3. CAPÍTULO 3. Validación y pruebas del software

3.1. Introducción

En este capítulo se realizará pruebas de uso de la aplicación en varios sistemas operativos Android y a su vez pruebas de usabilidad realizadas por diversos estudiantes de la carrera con el fin de determinar cuan fácil e intuitivo resultó el uso de la aplicación en apoyo a la teoría impartida en el aula de clase.

3.2. Encuestas de uso

Para realizar estas pruebas se ha usado encuestas cortas y simples. A continuación, se muestra las preguntas usadas en la encuesta:

<https://es.surveymonkey.com/r/Z8HD728>

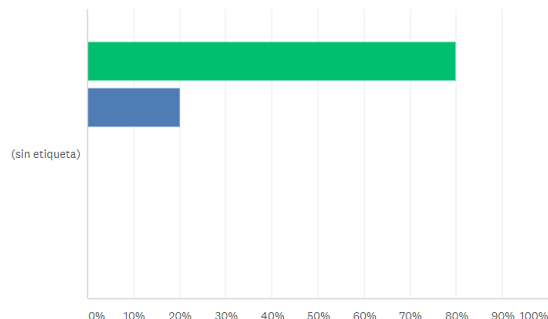
1. ¿Consideras que la aplicación es útil para la enseñanza de la materia?
 - Totalmente de acuerdo
 - De acuerdo
 - Ni acuerdo ni desacuerdo
 - En desacuerdo
 - Totalmente desacuerdo
2. Valora lo fácil que resultó utilizar la aplicación
 - Muy fácil

- Fácil
 - Ni fácil ni difícil
 - Difícil
 - Muy difícil
3. ¿Te gustó la idea de mostrar la información mediante Realidad Aumentada?
- Sí
 - No
4. ¿Recomendarías esta aplicación para el entendimiento de la materia?
- Sí
 - No

Los porcentajes de satisfacción se han obtenido gracias a la herramienta SurveyMonkey, el cual ha recopilado la información ingresada por los estudiantes. A continuación, se muestran los resultados de la encuesta.

¿Consideras que la aplicación es útil para la enseñanza de la materia?

Answered: 10 Skipped: 0



■ Totalmente de acuerdo
 ■ De acuerdo
 ■ Ni acuerdo ni desacuerdo
 ■ En desacuerdo
 ■ Totalmente desacuerdo

	TOTALMENTE DE ACUERDO	DE ACUERDO	NI ACUERDO NI DESACUERDO	EN DESACUERDO	TOTALMENTE DESACUERDO	TOTAL	PROMEDIO PONDERADO
(sin etiqueta)	80,00% 8	20,00% 2	0,00% 0	0,00% 0	0,00% 0	10	4,80

Figura 61. Resultado encuesta 1.

Como se observa en la Figura 61 se hace énfasis en la utilidad que demuestra el empleo de la solución propuesta, dando un resultado del 80% en total acuerdo de utilidad de la herramienta para la enseñanza de la materia.

Valora lo fácil que resultó utilizar la aplicación

Answered: 10 Skipped: 0

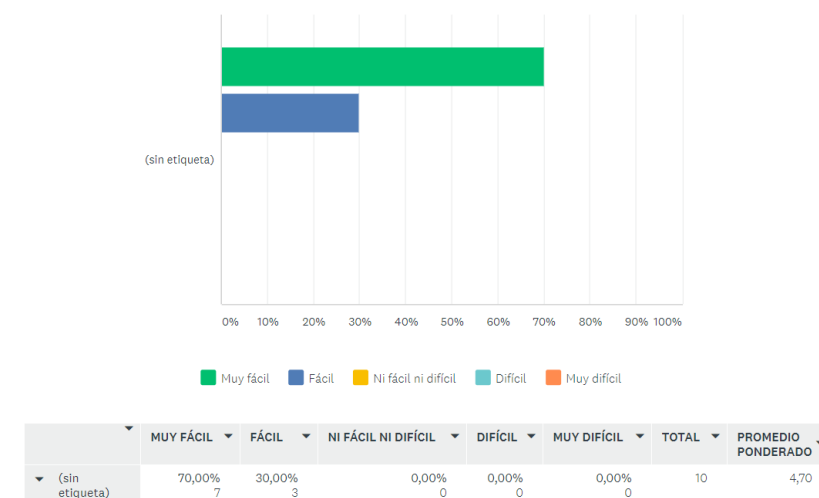


Figura 62. Resultado encuesta 2.

Para la segunda pregunta de facilidad de uso de la aplicación se ha demostrado con un 70% de extrema facilidad en el uso de esta, dando a notar que la aplicación es intuitiva y de fácil uso para los estudiantes.

¿Te gustó la idea de mostrar la información mediante Realidad Aumentada?

Answered: 10 Skipped: 0

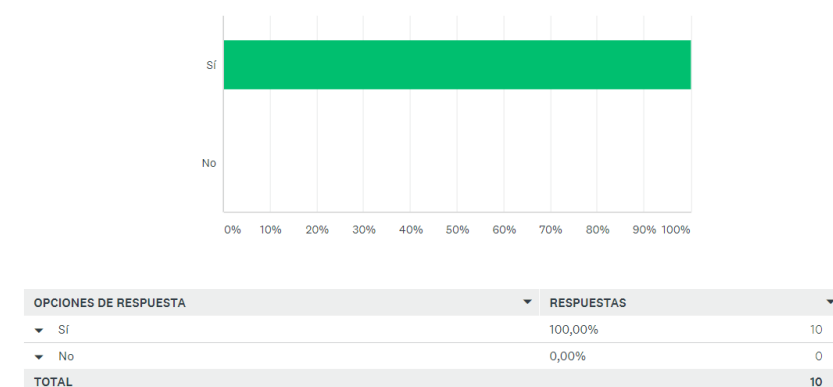
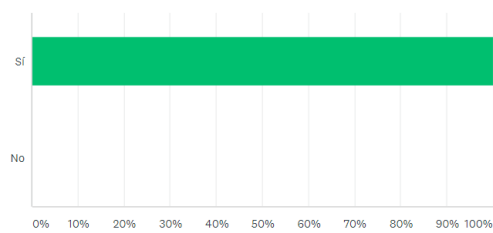


Figura 63. Resultado encuesta 3.

Como se indica en la Figura 63 el empleo de la realidad aumentada para la educación tiene una gran aceptación, logrando un 100% de aceptación el uso de esta herramienta innovadora.

¿Recomendarías esta aplicación para el entendimiento de la materia?

Answered: 10 Skipped: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
▼ Sí	100,00%	10
▼ No	0,00%	0
TOTAL		10

Figura 64. Resultado encuesta 4.

Como resultado final obtenemos que los estudiantes encuestados han aprobado satisfactoriamente el uso y empleo de la herramienta en el ámbito educativo, con un 100% de aceptación y recomendación de la aplicación desarrollada.

3.3. Pruebas de Software

Para realizar las pruebas de software se ha tomado en cuenta la recopilación de información sobre los SDK y motor de juego usado. Para esto se realizó una tabla de soporte de versión tanto por parte de Unity como también de la herramienta de realidad aumentada Vuforia para validar el correcto uso de sus ficheros.

A continuación, se muestra la tabla de versiones soportadas para el uso de Vuforia:

Tabla 9. Versiones soportadas por Vuforia.

Device OS	Version	Developer Tools	Plataform Version	Fusion Provider
Android	5.1.1+	NDK	r20+	ARCore 1.10+
		Gradle	5.1.1+	

		Android SDK Build Tools	28.0.3	
		Android Studio	3.4.x	
		Unity Editor	2019.2.0+	
iOS	11+	Xcode	10.1+	ARKit
		Unity Editor	2019.2.0+	
Windows	10	Visual Studio	2017 version 15.9+	
		Unity Editor	2019.2.0+	
		Unity Editor (HoloLens only)	2018.4.11	
Lumin OS	10	Lumin SDK	0.22.0	N/A
		Lumin OS	0.97+	

Como se puede observar en la Tabla 9 la versión usada de Unity nos permite un correcto funcionamiento de Vuforia. En base a la información recolectada podemos obtener la tabla de distribución de versiones API que serán aceptadas por la aplicación desarrollada (API 23) tomando en cuenta que las versiones API son acumulativas como se observa en la Tabla 10.

Tabla 10. Cuadro de distribución acumulativa.

<i>Android SO</i>	<i>Android Platform Version</i>	<i>API Level</i>	<i>Cumulative Distribution</i>
4.0	Ice Cream Sandwich	15	99.80%
4.1	Jelly Bean	16	99.80%
4.2	Jelly Bean	17	99.20%
4.3	Jelly Bean	18	98.40%
4.4	Jelly Bean	19	98.10%
5.0	Lollipop	21	94.10%

5.1	Lollipop	22	92.30%
6.0	Marshmallow	23	84.90%
7.0	Nougat	24	73.70%
7.1	Nougat	25	66.20%
8.0	Oreo	26	60.80%
8.1	Oreo	27	53.50%
9.0	Pie	28	39.50%
10.0	Android 10	29	8.20%

Como se puede observar la aplicación desarrollada en versión de Android 6.0 tendrá un gran alcance llegando al 84.9% de dispositivos en el mercado como se observa en la Figura 65.

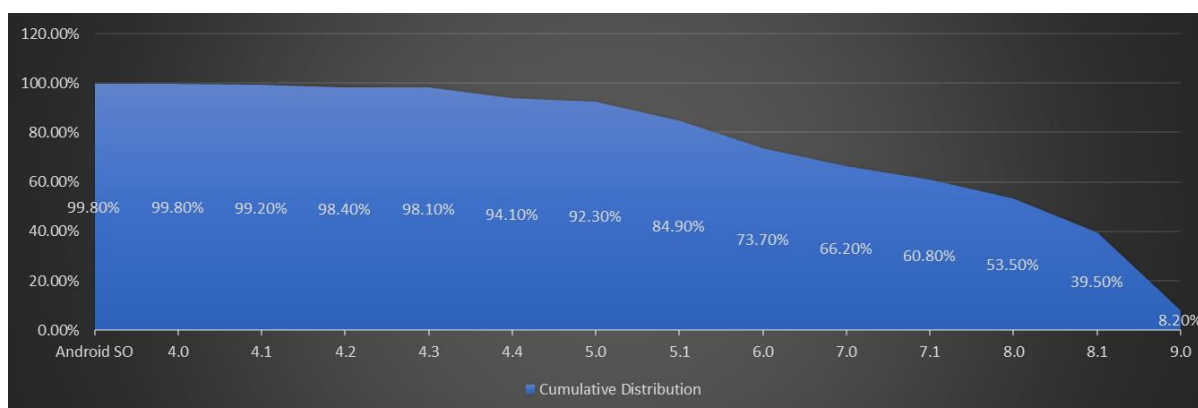


Figura 65. Distribución acumulativa de API usada.

Según el análisis realizado del uso de la aplicación se puede obtener que el software desarrollado utiliza un almacenamiento de 69.71 MB en el espacio del dispositivo anfitrión, haciendo uso de un aproximado de 3% de batería en un lapso de 31 minutos con 28 segundos. Esto representa un uso de energía computado de 87 mAh, estos datos se evidencian en los ANEXOS.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El desarrollo de la aplicación permite facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la teoría de las antenas impartida en el aula de clase, gracias a la utilización de la realidad aumentada, ya que permite visualizar de forma tridimensional las diversas antenas con sus lóbulos de radiación, logrando de esta manera un entendimiento más profundo de la materia.
- La herramienta de desarrollo Unity3D es una herramienta excelente para desarrollar diversas aplicaciones, en esta solución fue fundamental el empleo de este motor de juegos ya que gracias a su perfecta adaptación al SDK de Vuforia permitió construir una aplicación que emplea nuevas tecnologías educativas como es la realidad aumentada.
- La aplicación desarrollada cumple todos los requerimientos levantados. Con base en los resultados obtenidos y las estadísticas recopiladas a través de una encuesta de usabilidad se pudo evidenciar que se tiene un 80% de aceptación por parte de los encuestados, indicando que el uso de la aplicación permite adaptarse a las nuevas tecnologías y mediante la educación impartida en el aula de clase formarán un gran equipo para el entendimiento de la materia.
- La creación de las marcas de reconocimiento se basa en un estudio de compatibilidad y valoración que Vuforia proporciona, por lo cual la implementación de estos merece un gran estudio para que el reconocimiento de patrones sea efectivo al momento de analizar en tiempo real, logrando con esto una valoración que cumple con los estándares vigentes por parte del SDK.
- El diseño de la interfaz debe conllevar un análisis de datos a mostrar, por lo cual es de vital importancia tomar en cuenta la teoría investigada a lo largo de este desarrollo para que al usuario final sea fácil y comprensible de entender además de mantenerlo de forma intuitiva e ilustrativa como se pretendió a lo largo de este desarrollo.

- La realidad aumentada juntamente con el acoplamiento a la educación fomenta el aprendizaje de una nueva era, actualizando a los estudiantes y a su vez a los profesores para que mediante el uso de nuevas herramientas que están al alcance se pueda implementar ambientes didácticos al momento de la enseñanza de las diversas materias.

Recomendaciones

- Las actualizaciones por parte de Unity son críticas en cuanto el desarrollo conlleve herramientas externas asociadas al mismo, por lo cual se recomienda tener en cuenta las actualizaciones que se envían e investigar sobre la asociación que tienen con SDK externos y su compatibilidad para de esta manera no cometer errores en el código.
- Al momento de descargar la base de datos se debe tener especial cuidado en que todos los marcadores ya estén preparados, puesto que al momento de actualizar una nueva marca desde la nube esta podría demorarse en aparecer en el entorno, es por esta razón que se recomienda que al momento de exportar se asigne un nuevo nombre a la base de datos modificada para que el programa cargue las nuevas marcas ingresadas en la base de datos.
- Esta aplicación fue desarrollada en el ecosistema de Android. Se recomienda hacer el estudio de factibilidad y compatibilidad que tiene el motor de juegos Unity3D para soluciones en plataformas como IOS, de esta manera la aplicación tendrá mayor recibimiento por parte de los usuarios finales.
- En el proceso de modelamiento se pueden guardar los archivos para posteriormente ser importados en el motor de juegos, para un mejor guardado de archivos se recomienda hacerlo mediante la extensión de objeto, los modelados importados como objetos nos permite disminuir el tamaño del archivo y a su vez aumentar la calidad del objeto importado.
- Se recomienda que para un futuro desarrollo de esta aplicación se lea la compatibilidad de las versiones de Unity3D, pues al momento de desarrollar esta solución se lanzó una nueva versión la cual no es

compatible con Vuforia y por ende presenta problemas de compatibilidad de ficheros internos.

REFERENCIAS

- Azham, Z., Ghani, I., & Ithnin, N. (2011). *Security backlog in Scrum security practices*. IEEE.
- Aznar, Á., Robert, J., Casals, J., Roca, L., Boris, S., & Bataller, M. (2004). *Antenas*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Blum, N. (2016). *Team Development of Model View Controller Software in the Unity 3D Engine*.
- Canós, J., Letelier, P., & Penadés, M. (2003). *Metodologías ágiles en el desarrollo de software*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., & Ceravolo. (2011). *Augmented reality technologies, systems and applications*. Recuperado el 23 de Abril de 2020, de https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_aumentada
- Developer Android . (2020). *SDK Platform release notes*. Recuperado el 21 de Abril de 2020, de <https://developer.android.com/studio/releases/platforms>
- Evolus. (s.f.). *Pencil Project*. Recuperado el 6 de Mayo de 2020, de <https://pencil.evolus.vn/>
- FOMBONA, J., PASCUAL, M., & MADEIRA, M. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*.
- Hernández, R. (s.f.). *Niveles de la Realidad Aumentada*. Recuperado el 4 de Mayo de Mayo 2020, de <https://sites.google.com/site/realidadaugmentadainac2016/indice/1-7-niveles-de-la-realidad-aumentada>
- Huidobro, J. (2013). Antenas de telecomunicaciones. *Revista Digital, CEDRO*.
- IEEE. (1979). *IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas*. Recuperado el 23 de Abril de 2020, de <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.1983.82386>

IEEE. (1979). *IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms*. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/tmtt.1979.1129614>

Jordisan.net. (2006). *¿Qué es un framework?* Recuperado el 30 de Abril de 2020, de <https://jordisan.net/blog/2006/que-es-un-framework/>

Library Vuforia. (s.f.). *Recommended Devices*. Recuperado el 21 de Abril de 2020, de <https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/platform-support/vuforia-engine-recommended-devices.html>

Library Vuforia. (s.f.). *Supported Versions*. Recuperado el 21 de Abril de 2020, de <https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/platform-support/supported-versions.html>

Manresa Yee, C., Abásolo, M., & Vénere, M. (2011). Realidad virtual y realidad aumentada. En *Interfaces avanzadas* (Primera ed.). Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de La Plata. Recuperado el 23 de Abril de 2020

Pictogram Room. (s.f.). *Pictogramas*. Recuperado el 23 de Abril de 2020, de <http://www.pictogramas.org/proom/loggined.do;jsessionid=357FE6448934F48BE52DD3AE00BE1947>

Source Android. (2020). *Codenames, Tags, and Build Numbers*. Recuperado el 21 de Abril de 2020, de <https://source.android.com/setup/start/build-numbers>

UDLA FICA. (2018). *Las telecomunicaciones se exhiben en taller vivencial en la udl*. Recuperado el 16 de Octubre de 2019, de <https://www.udla.edu.ec/2018/08/02/las-telecomunicaciones-se-exhiben-en-taller-vivencial-en-la-udla/>

Unity3D. (2019). *Realidad Aumentada*. Recuperado el 16 de Octubre de 2019, de <https://unity.com/es/unity/features/ar>

Vuforia Engine. (2019). *Getting Started with Vuforia Engine in Unity*. Recuperado el 30 de Abril de 2020, de

<https://library.vuforia.com/articles/Training/getting-started-with-vuforia-in-unity.html>

Vuforia Engine. (2020). *Vuforia AR Platform | Unity Augmented Reality Development | AR SDK | PTC*. Recuperado el 4 de Mayo de 2020, de <https://unity-landing.vuforia.com/>

Zahariadis, N. (2019). *The multiple streams framework: Structure, limitations, prospects*. In *Theories of the Policy Process* (Segunda ed.).

ANEXOS

Anexo 1: Código controlador cámara

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using Vuforia;

public class CameraFocusController : MonoBehaviour {

    private bool mVuforiaStarted = false;

    void Start ()
    {
        // se instancia al controlador de vuforia
        VuforiaARController vuforia = VuforiaARController.Instance;

        if (vuforia != null)
            vuforia.RegisterVuforiaStartedCallback(StartAfterVuforia);
    }

    private void StartAfterVuforia()
    {
        // detecta si vuforia está encendido y llama al metodo autofocus
        mVuforiaStarted = true;

        SetAutofocus();
    }
}
```

```
void OnApplicationPause(bool pause)
{
    if (!pause)
    {
        // si la aplicacion esta en standby
        if (mVuforiaStarted)
        {
            // la aplicacion esta parada pero vuforia esta activo
            SetAutofocus();
        }
    }
}

private void SetAutofocus()
{
    //instanciamos la camara del dispositivo y activamos el modo autofocus
    if
(CameraDevice.Instance.SetFocusMode(CameraDevice.FocusMode.FOCUS_
MODE_CONTINUOUSAUTO))
    {
        Debug.Log("Autofocus set");
    }
    else
```

```
{  
    // en caso de que el dispositivo no admita autofocus  
    Debug.Log("this device doesn't support auto focus");  
}  
}  
}
```

Anexo 2: Código controlador escenas

```
using System.Collections;  
using System.Collections.Generic;  
using UnityEngine;  
using UnityEngine.SceneManagement;  
public class ControladorSalir : MonoBehaviour  
{  
    int sceneIndex;  
    void Start()  
    {  
        // se inicia la escena de unity  
        sceneIndex = SceneManager.GetActiveScene().buildIndex;  
    }  
    // se termina la escena  
    void Update()  
    {  
        if(Input.GetKeyDown (KeyCode.Escape))
```

```
        Application.Quit();
    }

    // agrega un valor mayor a la escena
public void LoadNextLevel()
{
    SceneManager.LoadScene(sceneIndex +1);
}

// se carga la escena 4 de unity
void Update1()
{
    if (Input.GetKeyDown(KeyCode.Escape))
        SceneManager.LoadScene(4);
}

//carga la escena 0 de unity
void Update2()
{
    if (Input.GetKeyDown(KeyCode.Escape))
        SceneManager.LoadScene(0);
}
}
```

Anexo 3: Capturas análisis de uso

This screenshot shows the 'Información de la aplicación' (Application Information) screen for the 'AntenAR' app. The app is version 1.0 and has a package name of 'com.UJDLA.AntenAR'. The screen is divided into two main sections: application details on the left and usage statistics on the right.

Application Information (Left Panel):

- AntenAR** (versión 1.0)
- Buttons: **DESINSTALAR...** and **FORZAR LA DETENCIÓN**
- Espacio de almacenamiento:** 69.71 MB usado en Almacenamiento interno
- Uso de datos:** 352 KB desde el 21 jul.
- Permisos:** Cámara
- Notificaciones:** Normal
- Abrir de forma predeterminada:** No hay configuraciones predeterminadas establecidas.
- Batería:** Usó el 3% desde la última carga completa.
- Memoria:** Se utilizó un promedio de 61 MB de memoria en las últimas tres horas

Usage Statistics (Right Panel):

- FORZAR LA DETENCIÓN** (button)
- NOTIFICAR** (button)
- Ajustar el uso de energía:** Detener o desinstalar la aplicación
- Detalles de uso:**
 - CPU total: 31 min 28 seg
 - Primer plano de la CPU: 31 min 28 seg
 - Paquetes Wi-Fi recibidos: 347
 - Paquetes Wi-Fi enviados: 495
 - Cámara: 3 min 0 seg
 - Uso de energía computado: 87 mAh

This screenshot shows the 'Uso de la memoria' (Memory Usage) screen for the 'AntenAR' app. It displays the average memory usage and execution frequency.

Memory Usage (Left Panel):

- Uso promedio de la memoria:** 60 MB
- Frecuencia:** A veces en ejecución (48 %)
- Uso máximo:** 194 MB

