



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**TEMA:**

**VISITA VIRTUAL DE EDIFICACIONES ARQUITECTÓNICAS UTILIZANDO  
REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA**

**AUTOR: CRISTIAN JOSÉ ECHEVERRÍA BEDÓN**

**DIRECTOR: MSc. COSME ORTEGA**

**IBARRA, 2018**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**  
**TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CEDULA DE IDENTIDAD</b>	100317604-5
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Echeverría Bedón Cristian José
<b>DIRECCIÓN</b>	Ricardo Sánchez 2124 y Juan de la Roca
<b>EMAIL</b>	cjecheverriab@utn.edu.ec
<b>TELÉFONO FIJO</b>	06 – 2600 139

<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	098 4284 355
-----------------------	--------------

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TITULO</b>	Visita virtual de edificaciones arquitectónicas utilizando Realidad virtual y realidad aumentada.
<b>AUTOR</b>	Echeverría Bedón Cristian José
<b>FECHA</b>	23 de febrero de 2018
<b>PROGRAMA</b>	Pregrado
<b>TITULO POR EL QUE OPTA</b>	Ingeniería en sistemas computacionales
<b>DIRECTOR</b>	MSc. Cosme Ortega

## **2. . AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Cristian José Echeverría Bedón con cedula de identidad Nro. 100317604-5 respectivamente, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del materia y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la desarrollo, sin violar los derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros

Ibarra, a los 23 días del mes de febrero del 2018

### **EL AUTOR**



Cristian José Echeverría Bedón  
100317604-5

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE****FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS****CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE  
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Cristian José Echeverría Bedón con cedula de identidad Nro. 100317604-5, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado titulado “Visita virtual de edificaciones arquitectónicas utilizando Realidad virtual y realidad aumentada.” que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniería en Sistemas Computacionales en la Universidad Técnica del Norte, quedando de la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento de entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte

Ibarra, a los 23 días del mes de febrero del 2018



Cristian José Echeverría Bedón

100317604-5

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE****FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS****CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

MSC. COSME ORTEGA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICA

Que, el presente trabajo de titulación “Visita virtual de edificaciones arquitectónicas utilizando Realidad virtual y realidad aumentada.” ha sido desarrollado por el Sr. Echeverría Bedón Cristian José bajo mi supervisión.

Es todo cuanto puedo certificar en honor de la verdad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Cosme Ortega', is written over a light gray rectangular background. The signature is stylized and somewhat abstract, with several loops and overlapping lines.

MSc. Cosme Ortega

**DIRECTOR DE TESIS**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE****FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS****AGRADECIMIENTOS**

De manera especial a la Universidad Técnica del Norte por acogerme en sus aulas, en las cuales pase esta etapa de mi vida, a sus docentes que con sus enseñanzas formaron el conocimiento que adquirí a lo largo de los años de estudio en esta distinguida institución.

A Cosme Ortega, MSc., director de mi trabajo de investigación, quien me brindó su asesoría y apoyo durante la realización del presente trabajo, a Fausto Salazar, MSc. y Carpio Pineda, MSc., por sus oportunas apreciaciones como tutores del presente proyecto; a Pedro Granda, MSc., coordinador de carrera CISIC y Mónica Proaño, Lic., secretaria CISIC quienes me brindaron su apoyo a lo largo de la carrera universitaria.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE****FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS****DEDICATORIA**

A mis padres quienes siempre me apoyaron de manera incondicional a lo largo de mis años de estudio, en especial a mi madre que con su esfuerzo supo apoyarme y guiarme para conseguir mis objetivos. A mis tías quienes me acogieron y me dieron su apoyo. A mi familia y a todas las personas que, de una u otra manera, caminaron junto a mí en esta etapa de mi vida.

De manera especial dedico este trabajo de grado en memoria de mi abuelo a un mes de su partida, a quien recordamos con gran cariño.



Cristian J. Echeverría

## **RESUMEN**

El presente proyecto tiene como objetivo principal dar a conocer las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada como herramientas para la presentación de edificaciones arquitectónicas, para lo cual se realizara una aplicación móvil para la plataforma Android que permite mostrar el campus de la Universidad Técnica del Norte tanto en realidad aumentada como en realidad virtual; basado en los conceptos de las tecnologías que nos muestran los lineamientos para el desarrollo de la aplicación móvil así como la interacción del usuario con los objetos virtuales.

Para la implementación de la aplicación de realidad virtual y realidad aumentada fue necesario elaborar modelos 3D de las edificaciones del campus universitario, así como también, su posterior implementación con los plugins de desarrollo para obtener una aplicación que permita observar el campus de la universidad técnica del norte en realidad aumentada y realizar un recorrido virtual del campus con la aplicación de realidad virtual, brindando al usuario una herramienta que le permite una nueva forma de visualización de edificaciones arquitectónicas.

## **ABSTRACT**

The main objective of this project is to raise awareness of virtual reality and augmented reality technologies as tools for the presentation of architectural buildings, for which a mobile application will be made for the Android platform that allows showing the campus of the Universidad Técnica del Norte both in augmented reality and in virtual reality; based on the concepts of technologies that show us the guidelines for the development of the mobile application as well as the user interaction with virtual objects.

For the implementation of the application of virtual reality and augmented reality it was necessary to develop 3D models of the buildings of the university campus, as well as their subsequent implementation with the development plugins to obtain an application that allows observing the campus of the technical university of the North in augmented reality and make a virtual tour of the campus with the virtual reality application, providing the user with a tool that allows a new way of visualizing architectural buildings.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....	ii
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD .....	iv
CONSTANCIAS .....	iv
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	v
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR .....	vi
AGRADECIMIENTOS .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
RESUMEN .....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xix
Capítulo I .....	1
1.1 Tema .....	1
1.2 Problema .....	1

1.3	Antecedentes.....	1
1.3.1	Situación actual .....	2
1.3.2	Problema.....	3
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	Objetivo General .....	3
1.4.2	Objetivos Específicos.....	4
1.5	Alcance .....	4
1.5.1	Diagrama de los sistemas de realidad virtual y realidad aumentada.....	6
1.6	Justificación .....	7
1.6.1	Justificación de las herramientas para el desarrollo de las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada.....	8
1.7	Contexto.....	9
CAPÍTULO II.....		11
2.1	¿Qué es la realidad virtual?.....	11
2.1.1	Elementos de la realidad virtual.....	12
2.1.1.1	Simulación interactiva .....	12
2.1.1.2	Interacción implícita, relación con los objetos o ambiente virtual.....	13

2.1.1.3	Inmersión sensorial.....	14
2.1.1.4	Tipos de realidad virtual.....	15
2.1.1.5	Sistemas de sobremesa.....	16
2.1.1.6	Sistemas proyectivos.....	16
2.1.1.7	Sistemas Inmersivos.....	17
2.1.2	Arquitectura de los sistemas de realidad virtual.....	18
2.1.3	Componentes de un sistema de realidad virtual.....	18
2.1.3.1	Dispositivos de entrada.....	18
2.1.3.2	Dispositivos de salida.....	22
2.2	Realidad Aumentada.....	28
2.2.1	¿Qué es la realidad aumentada?.....	28
2.2.2	Elementos de la realidad aumentada.....	29
2.2.2.1	Captación de la escena.....	30
2.2.2.2	Identificación de la escena.....	30
2.2.3	Tracking en aplicaciones de realidad aumentada.....	34
2.2.3.1	Tracking con dispositivos físicos.....	34
2.2.3.2	Tracking basado en visión.....	35

2.2.4	Proceso de unión de la realidad y objetos .....	37
2.2.4.1	Sistema de Coordenadas .....	38
2.2.4.2	Transformación de proyección .....	40
2.2.4.3	Calibración de la cámara .....	40
2.2.4.4	Visualización de la escena .....	41
2.3	Herramientas para el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada.....	43
2.3.1	Vuforia .....	44
2.3.2	Unity.....	44
2.3.3	Google Cardboard .....	44
2.3.4	Sketchup.....	45
	CAPITULO III.....	47
3.1	Desarrollo de la aplicación de realidad virtual y realidad aumentada .....	47
3.1.1	Planificación y levantamiento de requerimientos .....	47
3.1.1.1	Historias de usuario .....	48
3.1.1.2	Roles .....	52
3.1.2	Entorno de Desarrollo .....	55

3.1.3	Cronograma de Actividades.....	56
3.1.4	Diagrama del Sistema.....	57
3.2	Iteración 1 .....	58
3.2.1	Tarea por historia Iteración 1 .....	58
3.2.2	Desarrollo de la Iteración 1 .....	64
3.2.3	Pruebas de Iteración 1 .....	69
3.3	Iteración 2 .....	70
3.3.1	Tarea por historia Iteración 2 .....	70
3.3.2	Desarrollo de Iteración 2 .....	74
3.3.3	Pruebas de Iteración 2 .....	75
3.4	Iteración 3 .....	76
3.4.1	Tarea por historia Iteración .....	76
3.4.2	Desarrollo de la Iteración 3 .....	85
3.4.3	Pruebas de Iteración 3 .....	93
	Capítulo IV .....	95
4.1	Conclusiones .....	95
4.2	Recomendaciones .....	96

Referencias Bibliográficas..... 98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de una aplicación de realidad virtual y realidad aumentada.....	6
<b>Figura 2.</b> Flujo de trabajo de una aplicación de RA .....	36
<b>Figura 3.</b> Algoritmos de tracking basados en la visión.....	37
<b>Figura 4.</b> Cronograma planificación de desarrollo del proyecto .....	57
<b>Figura 5.</b> Diagrama de una aplicación de realidad virtual y realidad aumentada.....	57
<b>Figura 6.</b> Plano arquitectónico de las facultades de la Universidad Técnica del Norte..	64
<b>Figura 7.</b> Modelado 3D de las facultades de la Universidad Técnica del Norte .....	65
<b>Figura 8.</b> Modelado 3D de las edificaciones administrativas de la UTN .....	66
<b>Figura 9.</b> Modelado 3D de las edificaciones administrativas de la UTN. ....	66
<b>Figura 10.</b> Modelado 3D de las áreas verdes de la Universidad Técnica del Norte. ....	67
<b>Figura 11.</b> Modelado 3D de las áreas verdes de la Universidad Técnica del Norte. ....	67
<b>Figura 12.</b> Modelado 3D de las áreas deportivas de la Universidad Técnica del Norte.	68
<b>Figura 13.</b> Modelado 3D de las áreas deportivas de la Universidad Técnica del Norte.	69
<b>Figura 14.</b> Configuración de la cámara en Unity.....	74
<b>Figura 15.</b> Configuración página de inicio de las aplicaciones. ....	75

<b>Figura 16.</b> Importación de SDK.....	85
<b>Figura 17.</b> Configuración de SDK Cardboard. ....	86
<b>Figura 18.</b> Programación de scrip de movimiento. ....	86
<b>Figura 19.</b> Configuración de cámara. ....	87
<b>Figura 20.</b> Implementación de scrip. ....	87
<b>Figura 21.</b> Configuración de modelos 3D en Unity.....	88
<b>Figura 22.</b> Implementación de características físicas. ....	89
<b>Figura 23.</b> Implementación del control de movimiento.....	89
<b>Figura 24.</b> Importación de Vuforia a Unity. ....	90
<b>Figura 25.</b> Configuración de Vuforia.....	90
<b>Figura 26.</b> Configuración de cámara para realidad aumentada. ....	91
<b>Figura 27.</b> Configuración de scrip de Vuforia. ....	91
<b>Figura 28.</b> Importación y configuración de modelos 3D.....	92
<b>Figura 29.</b> Implementación de características físicas de los objetos. ....	92

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Dispositivos de visualización de realidad virtual .....	24
<b>Tabla 2.</b> Ventajas y desventajas dispositivos de audición .....	26
<b>Tabla 3.</b> Historia de usuario Nro. 1 .....	48
<b>Tabla 4.</b> Historia de usuario Nro. 2 .....	49
<b>Tabla 5.</b> Historia de usuario Nro. 3 .....	49
<b>Tabla 6.</b> Historia de usuario Nro. 4 .....	50
<b>Tabla 7.</b> Historia de usuario Nro. 5 .....	51
<b>Tabla 8.</b> Historia de usuario Nro. 6 .....	51
<b>Tabla 9.</b> Roles de usuario de la metodología XP .....	52
<b>Tabla 10.</b> Integrantes del equipo de desarrollo .....	54
<b>Tabla 11.</b> Elementos para el desarrollo de la aplicación .....	55
<b>Tabla 12.</b> Cronograma recopilación de información iteración I .....	58
<b>Tabla 13.</b> Tarea 1 de la historia de usuario 1 .....	59
<b>Tabla 14.</b> Tarea 2 de la historia de usuario 1 .....	59
<b>Tabla 15.</b> Tarea 3 de la historia de usuario 1 .....	60

<b>Tabla 16.</b> Tarea 4 de la historia de usuario 1 .....	60
<b>Tabla 17.</b> Cronograma modelamiento planos iteración 2 .....	61
<b>Tabla 18.</b> Tarea 1 de historia de usuario 2 .....	62
<b>Tabla 19.</b> Tarea 2 de historia de usuario 2 .....	62
<b>Tabla 20.</b> Tarea 3 de historia de usuario 2 .....	63
<b>Tabla 21.</b> Tarea 4 de historia de usuario 2 .....	63
<b>Tabla 22.</b> Cronograma ejecución iteración 2 .....	70
<b>Tabla 23.</b> Tarea 1 de historia de usuario 3 .....	70
<b>Tabla 24.</b> Tarea 2 de historia de usuario 3 .....	71
<b>Tabla 25.</b> Tarea 3 de historia de usuario 3 .....	71
<b>Tabla 26.</b> Tarea 4 de historia de usuario 3 .....	72
<b>Tabla 27.</b> Cronograma para la elaboración de las escenas de inicio de las aplicaciones	72
<b>Tabla 28.</b> Tarea 1 de historia de usuario 4 .....	73
<b>Tabla 29.</b> Tarea 2 de historia de usuario 4 .....	73
<b>Tabla 30.</b> Tarea 3 de historia de usuario 4 .....	74
<b>Tabla 31.</b> Cronograma ejecución de la iteración 3 .....	76
<b>Tabla 32.</b> Tarea 1 de historia de usuario 5 .....	77

<b>Tabla 33.</b> Tarea 2 de historia de usuario 5 .....	78
<b>Tabla 34.</b> Tarea 3 de historia de usuario 5 .....	78
<b>Tabla 35.</b> Tarea 4 de historia de usuario 5 .....	79
<b>Tabla 36.</b> Tarea 5 de historia de usuario 5 .....	79
<b>Tabla 37.</b> Tarea 6 de historia de usuario 5 .....	80
<b>Tabla 38.</b> Tarea 7 de historia de usuario 5 .....	80
<b>Tabla 39.</b> Tarea 8 de historia de usuario 5 .....	81
<b>Tabla 40.</b> Cronograma elaboración realidad aumentada.....	81
<b>Tabla 41.</b> Tarea 1 de historia de usuario 6 .....	82
<b>Tabla 42.</b> Tarea 2 de historia de usuario 6 .....	83
<b>Tabla 43.</b> Tarea 3 de historia de usuario 6 .....	83
<b>Tabla 44.</b> Tarea 4 de historia de usuario 6 .....	84
<b>Tabla 45.</b> Tarea 5 de historia de usuario 6 .....	84
<b>Tabla 46.</b> Tarea 6 de historia de usuario 6 .....	85

## Capítulo I

### 1.1 Tema

Visita virtual de edificaciones arquitectónicas utilizando realidad virtual y realidad aumentada.

### 1.2 Problema

### 1.3 Antecedentes.

La realidad virtual y la realidad aumentada, son conceptos que se han venido desarrollando en las últimas décadas, siendo la realidad virtual la tecnología más antigua que ha tenido una amplia gama de aplicaciones; entre estas surgieron los simuladores de realidad virtual para usos militares, otras aplicaciones surgieron con la integración de fotografías tomadas de diferentes ángulos de un recorrido para luego ser proyectadas en diferentes pantallas dando al usuario la sensación de estar realizando el recorrido, con el concepto de realidad virtual surge la necesidad de crear modelos tridimensionales para su integración en la realidad virtual, a la par se crean instrumentos electrónicos que permiten visualizar la realidad virtual como lo son cascos con lentes estereoscópicos (divide las imágenes en dos puntos de visión paralelos), además se integran funcionalidades donde el usuario puede moverse dentro del entorno de realidad virtual que está observando.

Por otra parte la realidad aumentada, es una tecnología relativamente nueva; de igual manera que la realidad virtual, en sus orígenes la realidad aumentada estuvo ligada al campo militar, gracias a las aplicaciones desarrolladas por las fuerzas armadas estadounidense, con el pasar de los años las investigaciones sobre realidad aumentada se formularon aplicaciones

con otros fines que estuvieron ligadas a la educación, salud y videojuegos, enlazando modelos computarizados con la realidad para su presentación.

### **1.3.1 Situación actual**

En la actualidad la realidad virtual y la realidad aumentada tienen una gran gama de aplicaciones tanto en dispositivos móviles, de escritorio y orientadas a consolas de videojuegos, como los simuladores para los que fueron utilizados en sus orígenes, así también en video juegos y aplicaciones educativas, de la misma manera, con el avance de los dispositivos, se ha tornado una aplicación que paso de ser estática a una aplicación diseñada para trabajar en dispositivos móviles.

Una de las aplicaciones de las tecnologías de realidad virtual, es la presentación de edificaciones arquitectónicas con la implementación de los recorridos virtuales con videos en 360°, los mismos que permiten mostrar las edificaciones de una manera interactiva para el usuario, pero no son totalmente inmersivos (que hacen la interacción entre el hombre y la simulación lo más natural posible); por otra parte, la realidad aumentada sigue teniendo su aplicabilidad como una herramienta educativa y se ha incursionado en el desarrollo de juegos.

La evolución del modelado 3D ha permitido que tecnologías como la realidad virtual y realidad aumentada sean una herramienta ideal para la presentación de objetos digitalizados, elaboración de videojuegos y muchas más aplicaciones, llegando a ser así, los objetos 3D base fundamental de las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada

### **1.3.2 Problema**

Los constantes avances en tecnología, han abierto una ventana a la implementación de nuevas herramientas tecnológicas para la aplicación en diferentes áreas. Es así que las aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada, han sido utilizadas para ayudar al entendimiento de diferentes campos del conocimiento; se ha podido desarrollar aplicaciones médicas, educativas y de visualización digital, de esta manera esas tecnologías pueden ser aplicadas en otras áreas que aún no han tenido una completa articulación es estas herramientas.

En la actualidad, los recorridos virtuales de edificaciones, no son completamente inmersivos, y las aplicaciones que han sido implementadas para la representación de edificaciones son tecnologías basadas en los principios de 3D y videos de recorridos, donde el usuario no tiene el control, de la misma manera se sigue presentando maquetas de las edificaciones y modelos en 3D estático.

¿Cómo realizar recorridos virtuales y presentación de edificaciones de una manera interactiva para los usuarios?

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Mostrar la aplicación de la realidad virtual y realidad aumentada como herramienta de presentación de visitas virtuales a edificaciones arquitectónicas.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el modelado 3D de las edificaciones del campus de la Universidad Técnica del Norte.
- Realizar una revista para la presentación de la realidad aumentada del campus de la Universidad Técnica del Norte.
- Elaborar la aplicación móvil de realidad aumentada para la presentación de la Universidad Técnica del Norte.
- Elaborar la aplicación móvil de realidad virtual del campus de la universidad Técnica del Norte.

### **1.5 Alcance**

Se pretende desarrollar una aplicación de las tecnologías de realidad aumentada y realidad virtual para mostrar las edificaciones de la Universidad Técnica del Norte con la finalidad de exponer la aplicación de estas tecnologías como medio de presentación de edificaciones arquitectónicas.

Esta aplicación servirá como un recurso de visita virtual del campus universitario, adicionalmente esta aplicación permitirá observar tanto en realidad virtual como en realidad aumentada, los diferentes edificios con los que cuenta la Universidad Técnica del Norte.

Las edificaciones de la Universidad Técnica del Norte serán plasmadas en modelos 3D, para su posterior integración con las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada; los modelos 3D se los realizará tratando de guardar la mayor parte de las características que posean los edificios del campus universitario.

Los modelos 3D permitirán tener una mejor apreciación de la Universidad, a través de, la aplicación de las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada, obteniéndose así, un recurso virtual donde el usuario pueda apreciar el campus.

Los modelos 3D de las edificaciones, se los realizará con software de modelado 3D, que actualmente se encuentran en el mercado; al igual que los modelos, las texturas se realizarán en software de diseño, para su posterior integración con el modelo 3D de los edificios del campus universitario.

Para la realización de la realidad virtual se pretende utilizar plugins de desarrollo dispuestos por empresas que han venido trabajando en esta tecnología, de igual manera se utilizará plugins de desarrollo de tecnologías de realidad aumentada, estos plugins serán integrados a un motor de desarrollo de videojuegos, donde se realizará la programación de scripts para cada una de las tecnologías, dando como resultado una interface entre el usuario y los modelos 3D del campus de la Universidad Técnica del Norte.

Para la presentación de la realidad aumentada se pretende generar una revista de exposición de la Universidad Técnica del Norte, en la cual podemos tener información de las diferentes facultades como de las carreras y sus edificaciones.

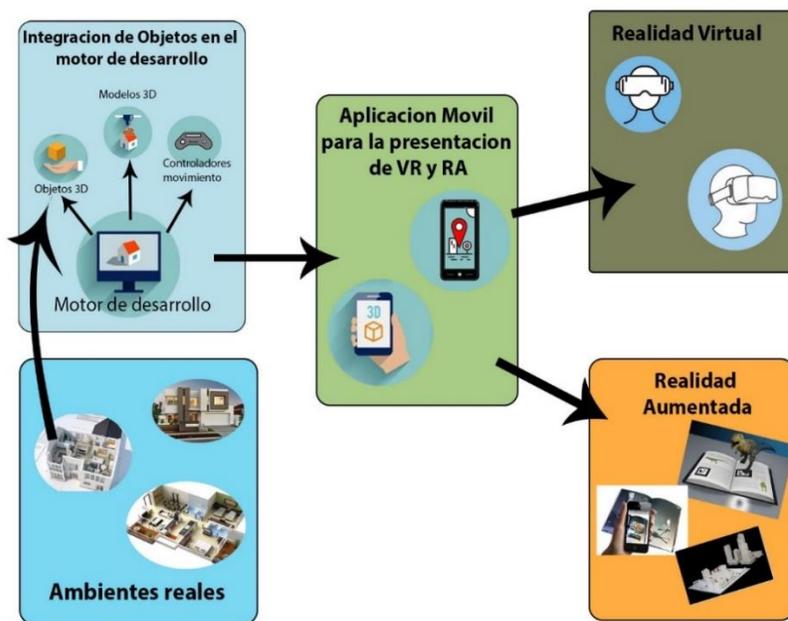
Dentro de esta revista se encontrarán marcadores, que son objetos que permiten observar la realidad aumentada de las edificaciones con las que cuenta la Universidad Técnica del Norte. Esta tecnología será presentada en forma de una aplicación móvil para dispositivos Android.

De igual manera la realidad virtual será presentada en forma de aplicación móvil para dispositivos Android, en esta aplicación podremos observar de manera virtual a la Universidad Técnica del Norte, realizar un recorrido por el campus y visualizar las edificaciones.

Para la presentación de esta tecnología será necesario la colocación de gafas de realidad virtual, mismas que permitirán tener una mayor inmersión en la realidad virtual que se pretende presentar.

### 1.5.1 Diagrama de los sistemas de realidad virtual y realidad aumentada

A continuación, veremos un diagrama de cómo se va a encontrar conformado la aplicación para la vista virtual de edificaciones arquitectónicas.



**Figura 1** Diagrama de una aplicación de realidad virtual y realidad aumentada

**Fuente.** Propia

## 1.6 Justificación

La constante evolución tanto de software como de hardware ha permitido que tecnologías como la realidad virtual y realidad aumentada sean posibles, en la actualidad existe gran variedad de aplicaciones con estas tecnologías, la mayoría de estas se encuentran ligadas al campo de los videojuegos, pero también han tenido otras aplicaciones en áreas como la salud, la educación y otras ramas de las ciencias.

De igual manera la evolución de los dispositivos móviles ha permitido que estas tecnologías puedan ser integradas en los dispositivos móviles, lo que los vuelve de fácil acceso.

La necesidad de presentación de edificaciones y recorridos virtuales a estas, ha permitido que tecnologías como las fotografías de 360° o recorridos en video de modelos 3D de las edificaciones tengan gran acogida como medio de presentación de construcciones.

De la misma manera, se ha buscado esta tecnología para la realización de recorridos virtuales de museos, centros de arte, lugares patrimoniales y otras aplicaciones de estas tecnologías, y una de las grandes empresas que ha permitido mostrar estos recorridos es Google, con su herramienta Google Street View.

De esta necesidad de mostrar recorridos virtuales, nace la creación de modelos 3D y su integración con la tecnología de realidad virtual y realidad aumentada como medio de presentación digital. Con los modelos 3D de edificaciones se puede tener una mayor inmersión en tecnologías como la realidad aumentada y permite mostrar de una manera más interactiva los modelos en forma de realidad aumentada.

Los modelos 3D son objetos esenciales en la presentación de estas tecnologías, además el modelado 3D permite plasmar cualquier objeto que sea posible digitalizar y modelar en 3D en los diferentes software, dándole los detalles que se crea necesarios para acercarlos a la realidad, de la misma manera los modelos 3D permiten tener una vista preliminar de objetos que aún no han sido creados en la realidad y la representación de objetos del mundo real.

Las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada en la actualidad tienen mayor aplicación en área de los videojuegos, no obstante otra aplicación posible es el desarrollo de la presentación de la Universidad Técnica del Norte por estas tecnologías, con lo cual, se pretende abrir un campo aplicativo en la representación de edificaciones arquitectónicas, aplicaciones orientadas a la educación, medio de presentación de informaciones digitales, metodologías de enseñanza, aplicaciones en el campo médico, y un sinnúmero de aplicaciones que estas tecnologías permiten elaborar.

Una vez elaborado los modelos 3D, de las edificaciones de la Universidad Técnica del Norte, e integrados con las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada, se podrá tener un medio de presentación digital del campus de la Universidad, mediante el cual se podrá conocer las edificaciones de las que consta el campus universitario; convirtiéndose así en un medio para realizar un recorrido por la instalaciones y alrededores del campus.

#### **1.6.1 Justificación de las herramientas para el desarrollo de las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada**

Para el modelado 3D de las edificaciones de la Universidad Técnica del Norte se utilizará programas de modelado 3D, que permitirá modelar los edificios y ambientes del campus universitario. Complementario a este software se utilizará programas de diseño multimedia

para la elaboración de texturas para los modelos 3D que elaboraremos para darle mayor realismo a los modelos.

Para el desarrollo de la realidad virtual y realidad aumentada se utilizarán SDK nativos de desarrollo de realidad virtual y realidad aumentada, con estos SDK podremos desarrollar la realidad virtual y realidad aumentada orientada a dispositivos móviles y su utilización con gafas de realidad virtual estilo Cardboard.

## **1.7 Contexto**

En la Universidad Técnica del Norte, no se encontraron estudios realizados en torno a la presentación de la realidad virtual y realidad aumentada para la realización de visitas virtuales de edificaciones arquitectónicas, sin embargo, se encontró estudios relacionados a la aplicación de tecnologías que citan a la realidad virtual y realidad aumentada, como las dispuestas por:

- Garrido Sánchez, José Fernando (2013). Metodología para el desarrollo de escenarios virtuales con VRML. "Laboratorio virtual de la FICA".
- Bautista, Bertha, Rojas (2011) "Laboratorio Virtual de la FICA"
- Salazar Muñoz, Luis (2017) "Construcción de una aplicación de componentes electrónicos básicos utilizando la realidad aumentada para las niñas, niños y jóvenes de la zona 1 del Ecuador"
- Cabe recalcar, que estos estudios contemplan la posibilidad de la aplicación de tecnologías como la realidad virtual y realidad aumentada, pero su área de aplicación no se encuentra completamente definida.



## CAPÍTULO II

### Realidad virtual y Realidad Aumentada

#### 2.1 ¿Qué es la realidad virtual?

En términos generales la realidad virtual no tiene un concepto definido, más bien es un concepto definido por cada autor de forma independiente tomando en cuenta los atributos de realidad virtual, de esta manera Brunet (2016) menciona que uno de los conceptos más completos fue dado por A. Rowell, en el que señala que la realidad virtual es una simulación dada por un computador donde desde el punto de vista del usuario este recibe información sensorial; y es en relación a este concepto, que Yee, Abásolo, Más & Vénere (2011) coinciden que el usuario percibe un conjunto de información sensorial emitidas por el computador, también mencionan que la experiencia de realidad virtual es en su mayoría aplicaciones visuales, donde el usuario interactúa en un mundo virtual mediante la utilización de mecanismos de hardware de visualización esteresocópica<sup>1</sup>.

De acuerdo a lo planteado por Levis (2006) para que un sistema se pueda considerar como realidad virtual, éste debe generar un entorno en tres dimensiones, en el cual el usuario pueda interactuar con los objetos tridimensionales de dicho entorno, también menciona que cada objeto 3D<sup>2</sup> debe tener propiedades adecuadas de los modelos 3D para que estos se asemejen a la realidad, como puede ser peso, medida, gravedad, fricción y demás propiedades que los objetos reales poseen y de esta manera el usuario tenga una percepción de realidad en el ambiente virtual.

Así podemos decir, que la realidad virtual es generar un ambiente virtual, incluyendo objetos 3D con propiedades que se asemejen a la realidad, para que el usuario pueda

interactuar dentro de este mundo con objetos tridimensionales y que este tenga una percepción de realidad dentro de un mundo virtual, dicho de otra manera, la realidad virtual intenta traspasar la realidad real a una virtual y que el usuario tenga la misma percepción del mundo real en uno virtual.

### **2.1.1 Elementos de la realidad virtual**

La realidad virtual tiene elementos básicos que engloban la realidad virtual, estos elementos dan la característica de realidad virtual, según Brunet (2016) la realidad virtual tiene tres elementos básicos que se derivan del concepto de realidad virtual.

#### *2.1.1.1 Simulación interactiva*

Así mismo Brunet (2016) menciona que la realidad virtual es una representación del mundo real de manera digital, implementado mediante una aplicación ejecutada en memoria de dispositivos como computadores o dispositivos móviles; de esta manera la representación digital puede emular la realidad implementado objetos tridimensionales, de esta manera lo que caracteriza a la realidad virtual es su interactividad con el entorno digital y lo diferencia de una animación tradicional, estas animaciones tradicionales son recorridos donde las imágenes que se proyecta y las que ve el espectador son estáticas y solo se rigen por trayectorias previamente establecidas o como fueron creadas de determinada manera, como videos o recorridos virtuales no interactivos. En este caso el usuario no tiene control del entorno y solo puede observar las imágenes previamente dadas.

En contraste, la realidad virtual permite al usuario moverse e interactuar dentro del entorno virtual, permitiendo que el usuario vea lo que el decida ver según su movimiento dentro del entorno, en tiempo real y no está atado a un movimiento

estático o preestablecido. Para los entornos virtuales se usa representación 3D y algoritmos de transformación, para que estos objetos sean representados de manera realista al usuario, lográndose así, que el usuario puede observar desde cualquier punto o moverse por el entorno virtual a su gusto.

### *2.1.1.2 Interacción implícita, relación con los objetos o ambiente virtual*

La interacción implícita o interacción con los objetos del ambiente virtual es natural, a diferencia de la interacción clásica con los componentes de un determinado sistema; en la interacción clásica el usuario debe conocer los comandos o iconos representados en la aplicación para realizar las diferentes acciones dentro del sistema, lo cual representa un esfuerzo del usuario y no es de manera natural, se traduce simplemente en un usuario dando órdenes a un sistema para que este realice la acción solicitada.

En contraste, en la realidad virtual la interacción con el ambiente virtual se la realiza de una manera más natural, es decir que, si dentro del ambiente el usuario decide cambiar de posición o mirara hacia otro lugar, simplemente, el usuario, tiene que mover su cabeza, lo cual se constituye en un movimiento natural en el mundo real.

Una de las características de la interacción del usuario con los objetos, es simular los movimientos naturales del usuario en el mundo real, así como también, su interacción con los objetos que en el existen. Es en este sentido que podemos señalar que, los objetos representados en los ambientes virtuales representan objetos del mundo real, con lo cual se contempla que, si un usuario decide abrir una puerta,

ventana o interactuar con un objeto dentro del ambiente virtual este debería poder interactuar de manera natural como si estuviese en el mundo real.

La interacción con los objetos digitales tanto en la interacción clásica, como en la interacción en realidad virtual se la realiza por dispositivos de hardware periféricos, los cuales transmiten el comando al sistema; no obstante, la gran diferencia de la interacción clásica con las interacciones que se realiza en realidad virtual, es que en la realidad virtual el usuario deja de percibir estos dispositivos periféricos, esto se debe a la inmersión del usuario con el entorno virtual.

### *2.1.1.3 Inmersión sensorial*

La inmersión sensorial aplicada en la realidad virtual es un concepto variable, de acuerdo Brunet (2016), la inmersión sensorial se la define como la conexión de los sentidos del usuario con el mundo virtual dejando de lado la percepción del mundo real, dicho de otra manera, el usuario comienza a percibir el mundo virtual como si fuera el real, y deja de sentir su entorno en el mundo real, obteniéndose así, que el usuario solo comience a sentir el entorno virtual, este entorno virtual, solo existe en su percepción y es generada por la aplicación.

De igual forma, Brunet (2016), también refiere que el sentido de la vista es el principal sentido que permite al usuario la inmersión sensorial, ya que por este sentido el usuario puede percibir las imágenes proyectadas en el mundo virtual, de cierta manera los objetos proyectados en los mundos virtuales parecen tener independencia del dispositivo que proyecta los modelos, es decir que el usuario aprecia los objetos como si fueran reales y no una proyección de un dispositivo, esto genera una gran diferencia con la apreciación tradicional de los objetos.

Continuando con Brunet (2016), se puede mencionar que, los modelos proyectados en una superficie plana, claramente se los diferencia como objetos no materiales, que solo existen en la proyección, aun cuando estos modelos tenga la mejor definición seguirán siendo objetos planos, a diferencia de los objetos dentro del mundo virtual que parecen tener un lugar en el espacio.

De la misma manera, la utilización de dispositivos para visualizar la realidad virtual como lo son las gafas estereoscópicas, permite al usuario tener una mayor inmersión, pues las proyecciones vistas mediante la utilización de estos dispositivos, dan al usuario la sensación de que cada objeto en el mundo virtual tiene una posición específica en el espacio, tiene una profundidad y un volumen.

Este fenómeno se debe a que los dispositivos permiten tener una visión estereoscópica, que no es más que proyectar dos imágenes por separado, una en cada ojo del usuario. Es entonces que, la proyección de una imagen en cada ojo del espectador, permite confundir al sistema visual del espectador, ya que el usuario logra apreciar la profundidad en el espacio virtual. Esta visión estereoscópica es fundamental para la realidad virtual, ya que es la que permite que los objetos y modelos tengan profundidad y un lugar dentro del espacio virtual.

#### ***2.1.1.4 Tipos de realidad virtual***

Levis (2006), menciona que al hablar de realidad virtual no existe solo un tipo, más bien existe una variedad de aplicaciones con elementos similares; es así que la realidad virtual no se la puede encajar como un todo en un solo tipo de realidad virtual, y esta liga al sistema para el que fue constituido. Continuando con Levis (2006), También menciona que cada sistema tiene diferentes características, utiliza equipos diferentes y están destinados para

distintas aplicaciones, dicho de otra manera, se puede construir un sistema de realidad virtual dependiendo de la aplicación que se quiera realizar, de la misma manera se puede incluir diferentes elementos dependiendo del tipo de aplicación que se quiere mostrar.

De esta manera Levis (2006), dice que los sistemas de realidad virtual pueden ser agrupados según su aplicación y características en tres grupos, sistemas de sobremesa, proyectivos e inmersivos.

#### **2.1.1.5** Sistemas de sobremesa

Los sistemas inmersivos están ligados a los dispositivos de proyección clásicos, como lo son los computadores de ahí su nombre sistemas de sobremesa, Levis (2006), menciona que estos sistemas intentan realizar la inmersividad de manera psicológica del usuario, en estos sistemas el usuario puede desplazarse dentro del mundo virtual e interactuar con su entorno a través de la pantalla de un computador, en ciertos casos se puede usar gafas de visión estereoscópica, pero el sistema se vuelve inmersivo de manera psicológica del usuario y no necesariamente busca la inmersión en el sistema de manera sensorial, este tipo de realidad virtual se lo ve reflejado en los videojuegos o visualizaciones de modelos 3D.

#### **2.1.1.6** *Sistemas proyectivos*

Para Levis (2006), los sistemas proyectivos son sistemas que proyectan imágenes en un espacio cerrado como puede ser un cuarto o cabinas, de esta manera se busca la inmersión del usuario en el mundo virtual, también es habitual el uso de cascos estereoscópicos y dispositivos de posición y localización espacial para el usuario, este tipo de sistema busca proyectar las imágenes de manera que cada proyección sea simultánea para la interacción con el mundo virtual, en ciertos casos el usuario puede

interactuar con el mundo virtual y los elementos que este contiene, dicho de otra manera el usuario se encuentra dentro de una habitación donde son proyectadas imágenes en las paredes para hacer que el usuario ingrese en el mundo virtual, sin embargo la proyección sigue siendo plana, y la sensación de profundidad se da mediante la sincronización de las imágenes y los movimientos del usuario, además de la sincronización con los dispositivos de localización o sensores que se coloca el usuario, de esta manera se permite al usuario tener una cierta inmersión en este ambiente virtual.

Levis (2006), menciona que las aplicaciones de este tipo se han dado en los simuladores tanto de vuelo como de conducción, en estos casos han sido usadas cabinas móviles que representen los movimientos de los vehículos, en la actualidad este sistema es usado en la presentación de películas 3D que son proyectadas sobre una sola pantalla, pero gracias a elementos periféricos permite al usuario percibir la realidad virtual, permite al usuario percibir objetos 3D.

#### *2.1.1.7 Sistemas Inmersivos*

Estos sistemas son los más completos, puesto que buscan que el usuario se sienta inmerso dentro del mundo virtual engañando a los sentidos del usuario, para este fin es necesario la utilización de cascos de realidad virtual o de vista estereoscópica, de esta manera se trata de aislar al usuario del mundo real, permitiéndole percibir de mejor manera el mundo virtual. En la actualidad, se están fabricando cascos de realidad virtual semi-inmersivos, en los que se trata de mesclar la realidad virtual con el mundo real, es entonces, que de esta manera surge la realidad aumentada, una tecnología que cada vez va teniendo nuevas aplicaciones.

### **2.1.2 Arquitectura de los sistemas de realidad virtual**

Para Brunet (2016), los sistemas de realidad virtual están formados por un conjunto de hardware y de software, y de su relación depende los niveles de inmersión, simulación e interacción con el sistema; en otras palabras, los sistemas de realidad virtual dependen de sus componentes para brindar al usuario la interacción en el mundo virtual.

En otro sentido, Levis (2006), menciona que los sistemas de realidad virtual están ligados a un esquema básico en el cual interactúan el usuario, el equipo de control como computador, dispositivos de entrada y de salida de datos y finalmente el entorno virtual, estos elementos permiten la interacción con los sentidos de usuario y son los que definen la realidad virtual.

### **2.1.3 Componentes de un sistema de realidad virtual**

En lo referente a los componentes de un sistema de realidad virtual, apreciamos que Brunet (2016), Levis (2006) y Yee et al (2011), coinciden en que los sistemas de realidad virtual se dividen en tres grandes componentes, los cuales son, dispositivos de entrada, dispositivos de salida y aplicación en tiempo real o representatividad, además, Brunet (2016), agrega que los sistemas de realidad virtual también tienen otros componentes como lo son, el modelo 3D, software tratamiento de datos de entrada, software de simulación física y software de simulación sensorial.

#### **2.1.3.1 Dispositivos de entrada**

Para Brunet (2016), los dispositivos de entrada son sensores que leen las acciones del usuario a través de dispositivos periféricos, mismos que permiten determinar la posición y

orientación de usuario dentro del mundo virtual; estos elementos pueden ser cascos de realidad virtual, guantes para percibir el movimiento de las manos y micrófonos para comandos de voz, de la misma manera Yee et al (2011), coinciden en que los dispositivos de entrada se basa en comandos físicos, de gestos y de habla, de esta manera el usuario tiene interacción con el mundo virtual.

De igual forma, Yee et al (2011), menciona que los dispositivos de entrada pueden ser divididos en entradas de comandos y de datos, es así que, en los dispositivos de entrada de comandos se puede utilizar diferentes maneras de control, dentro de los cuales existe controles físicos, por habla o controles por gestos.

- **Controles Físicos**

Las aplicaciones de realidad virtual utilizan controles para la movilidad dentro de las escenas virtuales, Yee et al (2011), menciona que los componentes físicos más utilizados dentro de las aplicaciones de realidad virtual son los mouse 3D, props o plataformas. En la actualidad existen diferentes tipos de controles físicos basados en consolas de videojuegos que permiten un mejor control dentro de los ambientes virtuales, estos controles además de permitir movilidad dentro de los ambientes permiten la interacción del usuario y la escena virtual.

Yee et al (2011), describe a algunos controles físicos, entre los cuales menciona que los props son uno de los controles más utilizados y son objetos reales que representan un objeto virtual dentro de la escena virtual; de esta manera el usuario puede interactuar con el mundo virtual con un objeto real de esta manera el usuario tiene una sensación mucho más realista, ya que esta interactuando con objetos reales. Yee et al (2011), de igual manera menciona que

dependiendo de la aplicación y el ambiente virtual en el que se desarrolla la escena existen diferentes mecanismos físicos que permiten la interacción con el mundo virtual.

- **Controles por habla**

El habla, es un método natural de comunicación, Yee et al (2011), menciona que este método es natural para la comunicación pero no es óptimo si se pretende una respuesta rápida, sin embargo es de gran utilidad si no disponemos de controles manuales o se encuentran ocupadas, de esta manera los controles de por voz permiten tener una interacción con el mundo virtual de tal manera que el usuario solo tiene que mencionar los comandos para la interacción, ¿pero por el tiempo de procesamiento entre la emisión y la recepción del comando de acción dentro de la escena se torna más lento en su respuesta o le toma más tiempo ejecutar la acción pedida, dicho de otra manera, los comandos de voz tardan más tiempo en ejecutar una respuesta que los comandos físicos, sin embargo esta opción es útil si los controles físicos se destinan a otras actividades de interacción con el mundo virtual.

- **Control por gestos**

Yee et al (2011), menciona que de igual manera que el control por habla el control por gestos es una manera natural de comunicar acciones, esto se debe a que el usuario no solo utiliza voz para la comunicación normal sino que parte de el lenguaje es la acción de realizar gestos para comunicar una idea, este tipo de controles necesitan un dispositivo capaz de reconocer los gestos para realizar la acción dentro de la escena y la interacción con el mundo virtual, de igual manera que los controles por habla, resultan de gran ayuda como una nueva forma de interacción con el sistema y con el mundo virtual, pero su desventaja es la utilización de dispositivos especializados en el reconocimiento de gestos.

- **Interfaces multimodales**

Yee et al (2011), también menciona que existe una combinación de los diferentes controles, a esta combinación la denomina interfaces multimodales, que es el control más utilizado, ya que combina el accionar de los anteriores controles mencionados y permite al usuario tener un mayor control en el mundo virtual, permitiendo una interacción con la escena de manera más natural, con este tipo de controles el usuario puede determinar con que comando desea interactuar con el mundo virtual, es decir que, si el usuario tiene que moverse dentro del mundo virtual lo podría hacer por los comandos físicos y si tiene que mover algo dentro de la interacción podría hacerlo por el habla, de esta manera el usuario puede tener un mayor control y lograr desenvolverse dentro de la escena de una manera natural, simulando la realidad.

- **Función de los dispositivos de entrada**

El objetivo de la realidad virtual es simular el mundo real y engañar a los sentidos, es así que Levis (2006), menciona que el papel de los dispositivos de entrada tienen una gran importancia en la simulación del mundo real, además se menciona que los dispositivos deben tener la capacidad de reconocer e interpretar los gestos, movimientos y acciones que realiza el usuario dentro del ambiente virtual y que este reaccione a los movimientos que el usuario realice, de esta manera permitir al usuario tener una inmersividad y control como lo tendría en el mundo real, dicho de otra manera los dispositivos de entrada pretenden simular la realidad haciendo que el usuario tenga un control en el ambiente virtual haciendo más fluida su interacción en el mundo virtual.

### 2.1.3.2 Dispositivos de salida

Según, Brunet (2016), los dispositivos de salida permiten convertir las señales, imágenes o modelos, que son generados mediante la aplicación, en estímulos que pueden ser percibidos por los sentidos del usuario, de esta manera los estímulos generados pueden clasificarse según la naturaleza de la señal que es emitida y el sentido al cual afecta; es así que si la señal que se emite afecta a la visión generaría un efecto visual, este efecto se lo puede realizar mediante dispositivos como pantallas o cascos de visión estereoscópica, de igual manera si el sentido afectado es de audio se lo puede realizar mediante dispositivos de emisión de audio como audífonos o parlantes altavoces.

Además de estos sentidos, los usuarios pueden tener dispositivos para interactuar con el ambiente virtual como son controles que afectan al tacto o a el sentido del equilibrio mediante dispositivos móviles colocados en cascos de realidad virtual.

De igual forma, Yee et al (2011), menciona que los dispositivos de salida proporcionan información del mundo virtual a través de salidas visuales, sonidos o táctiles, cada una de las respuestas emitidas por los dispositivos de salida pueden interpretarse mediante su forma de interacción con el ambiente virtual, sus propiedades o como se componen lógicamente.

- **Salidas visuales**

Los dispositivos de salida visual permiten la visualización del ambiente virtual, Yee et al (2011), señala que los dispositivos visuales según su interacción pueden ser estacionarios, móviles u oclusivos, los cuales permiten la interacción con dispositivos de visualización

como los cascos de realidad virtual. De igual manera, menciona que las propiedades de los dispositivos que permiten la visualización de los ambientes virtuales son la resolución, el color, el brillo, el contraste, el campo de visión y la velocidad de refresco, es este caso la velocidad de refresco se lo puede tomar como la velocidad de ejecución de la escena virtual, es decir se aplica el concepto de FPS, que son los fotogramas por segundo en los cuales la escena virtual se puede observar, para los videojuegos existe un rango de 30 a 60 FPS, el cual es un rendimiento óptimo y que el ojo humano los toma como una visión normal, de igual manera se intenta simular un campo de visión amplio ya que el ojo humano permite un campo de visión de 200 grados por esta razón los cascos de realidad virtual permiten cubrir un campo de visión de hasta 100 grados para que el usuario tenga una apreciación del ambiente virtual como si fuese una escena del mundo real.

Por otra parte en sus componentes lógicos, se puede nombrar la movilidad del usuario, su interacción con el ambiente y sus objetos o tracking, la movilidad o portabilidad, seguridad y costo de ejecución de la aplicación; estos componentes lógicos son los responsables de brindar el efecto de inmersión al usuario, es decir que mientras que los sistemas tengan una buena movilidad dentro de la escena y un ambiente virtual elaborado, el usuario tendrá una mayor percepción de inmersividad, permitiendo al usuario percibir el ambiente virtual como un entorno real.

En la siguiente tabla podemos observar algunos de los dispositivos de visualización, así como su descripción, estos dispositivos permiten la visualización de los entornos virtuales, y pretenden brindar al usuario la mayor inmersividad posible en la escena virtual.

**Tabla 1.** Dispositivos de visualización de realidad virtual

Dispositivo de visualización	Descripción	
	Ventajas	Desventajas
<b>Cave o cuarto de realidad virtual</b>	Poseen un campo de visión amplio, una mayor resolución, brindan seguridad y son inmersivos	Son dispositivos estáticos y tienen un alto costo
<b>Monitor</b>	Son de fácil instalación, tiene un bajo costo, y poseen dispositivos de interacción con la realidad virtual	Son dispositivos estáticos, su campo de visión es limitado y no brindan una gran inmersividad
<b>HMD Video see-through o casco con cristales transparentes</b>	Son portables, inmersión e interacción con el ambiente virtual, campo de visión de 100%	No tienen una resolución alta, les falta rango de visión y pueden causar fatiga visual

**Fuente:** Yee et al (2011). Realidad virtual y realidad aumentada. Interfaces avanzadas.

- **Salidas auditivas**

Las salidas auditivas permiten al usuario tener una mayor inmersividad, afectando directamente a su sentido del oído, Yee et al (2011), menciona que las salidas auditivas se las puede clasificar según la naturaleza de los dispositivos de audio, como por ejemplo: estáticos como los altavoces o móviles como audífonos, de esta manera los dispositivos de audio tiene propiedades, las culés pueden ser el número de canales para la salida de audio, el entorno donde se desarrolla el sonido, la localización del sonido; en este caso la ubicación es importante para brindar una inmersión del usuario y su posición es importante sobre todo en altavoces que son estáticos ya que los dispositivos auriculares son colocados directamente en el oído del usuario, y la última característica es la amplificación la cual es importante tener en cuenta de mantener una amplificación constante para que el sonido sea apreciado por el usuario.

Dentro de las propiedades del sonido debemos tener en cuenta las características de su emisión, pues el sonido puede ser monofónico si es emitido de una sola fuente o si el sonido es estereofónico cuando las señales son amplificadas de diferentes fuentes y se lo proyecta para cada uno de los oídos, de esta manera el entorno puede ser apreciado mediante una buena distribución de sonido y de la fuente que procede, de esta manera se puede confundir al cerebro pues el intenta interpretar la procedencia del sonido y brinda al usuario una inmersión en el entorno virtual.

Para una buena simulación y apreciación del sonido es recomendable utilizar auriculares pues brindan al usuario una experiencia estereofónica y aísla el sonido del ambiente

permitiendo al usuario tener una mayor inmersividad, a diferencia de los dispositivos estáticos que no pueden aislar el sonido del ambiente real.

De igual forma Yee et al (2011), menciona las cualidades lógicas de los dispositivos de salida auditiva, las cuales pretenden dar un ambiente de inmersión al usuario y se debe tener en cuenta la contaminación por ruido o interferencia, la movilidad del dispositivo y el usuario, así como la seguridad y el costo. A continuación, se muestra una tabla con las ventajas de los dispositivos de audición estáticos y móviles.

**Tabla 2.** Ventajas y desventajas dispositivos de audición

<b>Tipo de Dispositivo</b>	<b>Ventajas</b>
<b>Dispositivos estáticos o altavoces</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabaja con dispositivos estáticos o cámaras de realidad virtual</li> <li>• Mayor movilidad del usuario porque no utiliza cables que se enreden con el movimiento del usuario</li> </ul>
<b>Dispositivos móviles o auriculares</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabaja con los dispositivos móviles</li> <li>• Elimina ruidos externos</li> <li>• Son portables</li> <li>• Permiten tener privacidad</li> </ul>

**Fuente:** propia

- **Salidas táctiles**

Las salidas táctiles son mecanismos que permiten que el usuario tenga una mayor inmersión dentro del ambiente virtual, ya que pretende estimular más sentidos y brindar al usuario la apariencia de tener más control sobre los objetos y la escena virtual. En esta línea, Yee et al (2011), menciona que los dispositivos táctiles se clasifican por su interacción con el usuario y son percepción kinestésica y percepción táctil. De igual manera Yee et al (2011), menciona las propiedades de los dispositivos de salida, las cuales son: pistas kinestésicas, pistas táctiles, fidelidad, latencia, contacto, resolución, movilidad, refresco, forma y tamaño.

Las pistas kinestésicas se refieren a el movimiento muscular, de articulaciones, así como su resistencia y su tensión, estas ayudan a entender las fuerzas físicas que interactúan con la realidad virtual; pistas táctiles que son receptores en la piel los cuales permiten determinar forma y textura, transferencias de calor o flujos de corriente; estos receptores necesitan un punto de contacto para su funcionamiento, lo cual puede influir en el movimiento del usuario.

En cuanto a las cualidades lógicas de los dispositivos de salida táctil, estas hacen referencia a su movilidad, los requisitos del entorno, su portabilidad, seguridad y costo. En este sentido los dispositivos táctiles necesitan, en sus requisitos de entorno, un gran espacio para su funcionamiento, como habitaciones o cabinas con movimiento; en contraste a estos grandes dispositivos existen dispositivos mas pequeños que ayudan a la interacción con el ambiente virtual como lo son los controles de movimiento.

En la actualidad cascos de realidad virtual vienen con dispositivos táctiles para la interacción del usuario con el ambiente virtual, por otra parte con respecto a dispositivos sensores se debe tener cuidado con su manipulación pues pueden afectar directamente al

usuario y pueden causar daño físico, y en cuanto al costo de los dispositivos táctiles estos suelen ser costosos, pero con el avance de las tecnologías de realidad virtual y de videojuegos los costos se han reducido considerablemente, dentro de los sistemas actuales que brindan al usuario una inmersión completa son los cascos de realidad virtual que contienen dispositivos táctiles para la interacción con los objetos virtuales de la escena.

## **2.2 Realidad Aumentada**

### **2.2.1 ¿Qué es la realidad aumentada?**

Al igual que la realidad virtual, la realidad aumentada no tiene un concepto definido, puesto que es una tecnología en un constante desarrollo, es así que de igual manera que la realidad virtual el concepto de realidad aumentada es definido por cada autor de diferente manera, Yee et al (2011), menciona que uno de los conceptos más completos y citados, fue dado por Azuma (1997), quien menciona que la realidad virtual es la combinación de la realidad con imágenes u objetos 3D proyectados en tiempo real, dicho de otra manera, la realidad aumentada simula la integración de imágenes u objetos 3D en el mundo real, de esta manera se puede destacar que los sistemas de realidad aumentada deben tener tres características básicas derivadas de su concepto, estas características dictan que el sistema de realidad aumentada debe combinar el mundo virtual con el mundo real, ser interactivo en tiempo real e interactuar en tres dimensiones.

Por otra parte, López (2010), menciona que el desarrollo de los sistemas de realidad aumentada están basados en sistemas con un desarrollo más antiguo como son los sistemas de realidad virtual y al igual que otros autores menciona que, la realidad aumentada combina el ambiente virtual ficticio con el ambiente virtual, haciendo que la percepción de nuestros

sentidos nos sigan mostrando el mundo real con objetos virtuales que solo existen en la proyección del sistema, pero se ven reales para el usuario por su integración en la realidad.

En tanto que, Fernández, González & Remis (2012), mencionan que la realidad aumentada necesita la recolección de la información real, la creación de objetos virtuales y un medio de proyección de la combinación de lo real y lo virtual. De esta manera Yee et al (2011), indica que la realidad aumentada puede ser comparada con los efectos especiales que son utilizados en las grabaciones cinematográficas donde se firma el entorno real y se le agrega objetos generados por computador, mezclando así la realidad con objetos inexistentes que parecen formar parte del mundo real.

### **2.2.2 Elementos de la realidad aumentada**

En relación a los elementos de la realidad aumentada, López (2010), afirma que para considerar un sistema de realidad aumentada se necesitan cuatro elementos fundamentales, dichas tareas son la captación de la escena, identificación de la escena, proceso de unión de la realidad y objetos virtuales y visualización de la escena, con estas cuatro tareas se puede identificar un sistema de realidad aumentada.

Continuando en esta línea, Yee et al (2011), menciona que los sistemas de realidad aumentada se basan en un diagrama de tres partes, Tracking, recuperación de la información y salida de la información, en este sentido los sistemas de realidad aumentada se van formados desde la captación de la información real, la mezcla de dicha información con objetos virtuales y su presentación para la visualización del usuario

### 2.2.2.1 Captación de la escena

De igual forma, López (2010), menciona que una de las partes más importantes de un sistema de realidad aumentada es la captación de la escena a la que se le va a acoplar los objetos virtuales, los dispositivos deben permitir la captación de la escena virtual y procesar la imagen para la integración de los objetos virtuales, así también señala que, los dispositivos para la captación de la escena se los puede dividir en dos grupos de dispositivos de video-through y see-through.

- Dispositivos video-through: los dispositivos que se encuentran en este grupo son aquellos que sus sistemas de captación de la escena real se encuentran separados del dispositivo de presentación o vitalización de la realidad aumentada, estos dispositivos son las cámaras de video y en la actualidad los dispositivos móviles.
- Dispositivos see-through: son dispositivos que funcionan en tiempo real mostrando el escenario real con la integración de objetos virtuales, dichos dispositivos se encargan de la recolección, interacción y presentación de la escena real con la integración de objetos reales, estas aplicaciones de realidad aumentada son aplicaciones en tiempo real, estos dispositivos se encuentran presentes en radares de aviones de combate desde años atrás permitiendo al piloto tener la información de objetivos en la pantalla principal.

### 2.2.2.2 Identificación de la escena

La identificación de la escena es el proceso en el cual se identifica en que parte de la escena real se implementara los objetos virtuales para mostrar al usuario. De acuerdo a López (2010), existen dos formad de identificar la localización de los objetos reales en el mundo real y se lo realiza con o sin la utilización de marcadores

- **Realidad virtual con detección de Marcadores:**

Estebanell, M., Ferrés, J., Cornellà, P. y Codina, D. (2012). mencionan que, la realidad aumentada con detección de marcadores es una realidad aumentada basada en el reconocimiento de formas, es decir que un dispositivo reconoce una determinada forma a través de un receptor el cual puede ser una cámara, y sobre esta forma proyecta un objeto 3D, un video o una imagen determinada. En este sentido los marcadores son imágenes sencillas, por lo general cuadros en blanco y negro formados por dibujos sencillos y simétricos, los marcadores pueden ser comparados con las imágenes de los códigos QR o códigos de barra que están basados en patrones en blanco y negro, pero tienen una mayor relación con los códigos QR por su forma cuadrada.

De la misma manera que el reconocimiento de marcadores se lo puede relacionar al reconocimiento de imágenes y objetos, el reconocimiento de imágenes es considerado dentro de la detección de marcadores, puesto que el receptor reconoce la imagen y sobre ella proyecta el objeto determinado.

Es por eso que, Estebanell et al. (2012), menciona que este tipo de reconocimiento de imágenes para la proyección de realidad aumentada es una técnica más avanzada que el reconociendo de un marcador en blanco y negro pero basada en el mismo principio, a este tipo de imágenes se las conoce como markerless, al igual que el reconocimiento de imágenes, el reconocimiento de objetos se está convirtiendo en un avance del reconociendo de marcadores para la proyección de la realidad aumentada, en la actualidad uno de los ejemplos visibles de este avance es el reconocimiento fácil para la integración de objetos virtuales y la

proyección de realidad aumentada, en este mismo sentido se ha avanzado en la detección de objetos tridimensionales como marcadores.

- **Reconocimiento sin marcadores**

López (2010), refiere que la realidad aumentada sin marcadores permite identificar imágenes, objetos o estimación de posición dentro del ambiente real para la proyección de los objetos digitales; de la misma forma puede existir una combinación de percepción de la escena, tanto con imágenes como de estimación de posición para la presentación de la realidad aumentada, esta combinación es considerada como una técnica mixta o híbrida, de realidad aumentada. Es pertinente señalar que cada una de los métodos se puede utilizar dependiendo de la naturaleza de la aplicación que se está realizando.

En otro sentido, Prendes (2015), menciona que las aplicaciones de realidad aumentada sin reconocimiento de marcadores se las puede realizar mediante el posicionamiento GPS o la brújula de los dispositivos móviles, lo que permite el posicionamiento de los objetos digitales en la escena. Con el avance de los dispositivos móviles, se ha podido utilizar componentes electrónicos incluidos en los dispositivos, que permiten tener una mejor ubicación de los objetos digitales dentro del mundo real, un ejemplo de esto son los juegos de realidad aumentada lanzados al mercado, los cuales utilizan componentes de los dispositivos móviles como lo son el GPS, la brújula y el acelerómetro para dar una ubicación del objeto digital en el mundo real, generando la realidad aumentada sin necesidad de la utilización de marcadores.

- **Visión aumentada**

Prendes (2015), menciona que un tercer nivel de realidad aumentada es la visión aumentada, así mismo cita a Rice (2009), quien afirma que el siguiente paso de la realidad aumentada es implementar dispositivos transparentes que pueden ser parte del ser humano, como por ejemplo lentes, y así lograr un desapego de los medios tradicionales de visualización como las pantallas, una vez que se logre esto, la realidad aumentada se vuelve inmersiva y el ser humano vera la realidad aumentada como parte de sus sentidos.

De igual forma, Prendes acota que Rice (2009), cita un cuarto nivel de realidad aumentada basado en visión aumentada, donde dice que los seres humanos podremos tener instrumentos electrónicos de visión que permitan reproducir la realidad aumentada como algo natural para nuestros sentidos. De esta manera propone la utilización de lentes de contacto como pantallas que se acoplan a nuestro sentido de la visión o inclusive menciona instrumentos directamente conectados a las terminaciones nerviosas oculares e inclusive cerebrales de un individuo, con lo cual se obtendría una total simbiosis entre los instrumentos electrónicos de proyección de realidad virtual y los sentidos del ser humano. No obstante, esta tecnología todavía no es desarrollada, pero gracias a los avances en el manejo de realidad aumentada como es el caso de la realidad aumentada sin el uso de marcadores, la cual es mucho más avanzada con el control de movimiento, cambios en la iluminación, posición, perspectiva o interferencia con la visión de los marcadores, se puede casi asegurar que la tecnología de visión aumentada puede ser desarrollada en un futuro.

### **2.2.3 Tracking en aplicaciones de realidad aumentada**

Continuando en esta línea, Yee et al (2011), señala que uno de los elementos de la aplicación de realidad aumentada es el tracking o seguimiento de la escena, este proceso se encaja dentro de la captación de la escena. Adicionalmente, Yee et al (2011), menciona que el tracking es la captación de un objeto en movimiento y la determinación de su ubicación y posición con respecto a la captura de la imagen; también afirma que el tracking en una aplicación de realidad aumentada puede hacerse mediante dispositivos físicos, análisis de la imagen o tracking de visión o puede tener un tracking híbrido.

#### **2.2.3.1 Tracking con dispositivos físicos**

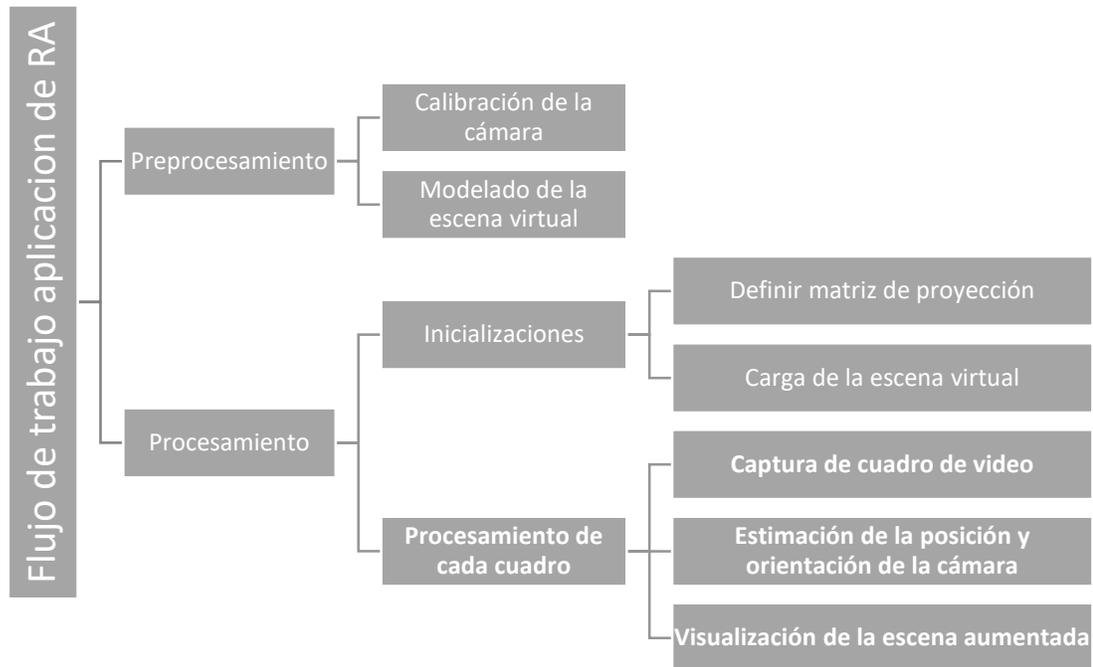
En lo pertinente a este punto, Yee et al (2011), cita a Zhou, F.; Dhu, H. y Billinghamurst, M. (2008), quien menciona que el tracking de realidad aumentada por dispositivos físicos, está basado en sensores y de esta manera los sensores utilizados en los dispositivos para realidad aumentada pueden ser sensores magnéticos, mecánicos, ultrasónicos y ópticos. En la actualidad, el avance de los dispositivos móviles y la evolución de los smartphones ha permitido que los sensores sean integrados en estos dispositivos, lo que permite que se conviertan en dispositivos móviles capaces de acoger aplicaciones de realidad aumentada. Los dispositivos físicos más utilizados para las aplicaciones de realidad aumentada son GPS, brújulas digitales y sensores inerciales.

- El GPS o sistema de posicionamiento global por sus siglas en inglés, según Yee et al (2011), es el sistema que nos brinda la latitud y longitud respecto a la posición global, este sistema permite ubicar nuestra posición en el globo terráqueo, es decir nos da nuestra posición geográfica, esta posición está dada mediante satélites que ubican nuestra posición exacta.

- La brújula digital, Yee et al (2011), menciona que las brújulas digitales tienen la misma funcionalidad que las brújulas convencionales y nos permite orientarnos en el sistema global, en la actualidad los dispositivos móviles incluyen brújulas digitales y funcionan a través de sensores electromagnéticos que reconocen el campo magnético de la tierra y combina sus lecturas con el GPS del dispositivo para detectar la posición global y el movimiento del dispositivo.
- Los sensores inerciales, que se encuentran en los dispositivos son acelerómetros, giroscopios y altímetros, Yee et al (2011), menciona que este tipo de dispositivos miden aceleración, velocidad y altitud, lo que permite la ubicación del dispositivo en el espacio, también señala que su principal ventaja es su rapidez de respuesta y su versatilidad en los cambios bruscos; estos dispositivos suelen presentar errores de lectura por factores externos pero son ideales en la ubicación espacial del dispositivo.

#### 2.2.3.2 Tracking basado en visión

En lo pertinente a Tracking basado en visión, Yee et al (2011), menciona que se puede calcular la posición y orientación de los objetos digitales y la cámara con relación a la escena utilizando aplicaciones o visión computada, en otras palabras, se puede determinar la ubicación y posición de la cámara y de los objetos digitales que se pretende introducir en la escena a través de la ubicación de objetos reales captados por la cámara; de esta manera se puede obtener el flujo de trabajo de las aplicaciones de realidad aumentada con tracking basados en visión, en el siguiente grafico se muestra el flujo de trabajo de las aplicaciones de realidad aumentada basados en visión

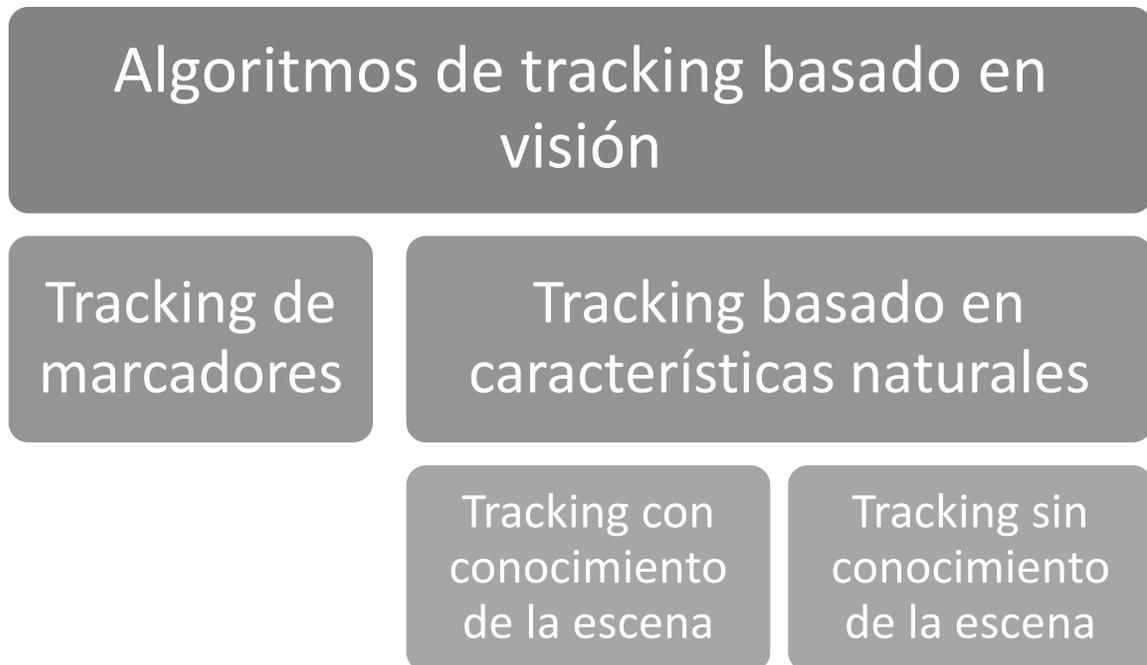


**Figura 2.** Flujo de trabajo de una aplicación de RA

- **Clasificación de algoritmos de tracking basados en la visión**

Para Yee et al (2011), existen dos grandes grupos de la clasificación de los algoritmos para tracking basados en la visión, los cuales son: tracking de marcadores y tracking basados en características naturales; siendo los marcadores una de las primeras tecnologías utilizadas como ya se mencionó en la sección de reconocimiento de marcadores, por otra parte los algoritmos basados en características naturales se relaciona con el reconocimiento sin marcadores, lo que permite realizar la realidad aumentada de una manera más natural y reconoce los ambientes reales para la introducción de los objetos virtuales. Yee et al (2011), también menciona que dentro de los algoritmos basados en características naturales se divide en dos grupos, tracking con reconocimiento de la escena y tracking sin conocimiento de la

escena. A continuación, podemos observar un cuadro con la clasificación de los algoritmos basados en la visión.



**Figura 3.** Algoritmos de tracking basados en la visión

**Fuente:** Propia

#### **2.2.4 Proceso de unión de la realidad y objetos**

El proceso de unión de la imagen real captada por la cámara y los objetos virtuales, es el proceso resultante de la combinación de la información recopilada de la identificación de la escena y los objetos digitales que se pretende introducir en la escena, de acuerdo con Yee et al (2011), en la conformación de la escena virtual existe diferentes parámetros a considerar para formar una escena de realidad aumentada.

#### 2.2.4.1 Sistema de Coordenadas

Según lo planteado por Yee et al (2011), apreciamos que dentro de la conformación de la escena virtual y la formulación de imágenes compuestas con realidad aumentada existe:

- Una escena compuesta con objetos diferentes ubicados en diferentes posiciones y con una determinada posición.
- Una cámara con una determinada posición y orientación dentro de la escena.
- La imagen resultante con la combinación de los objetos de la escena y la realidad aumentada determinada por la posición de la cámara.

La posición y la ubicación de un objeto o de una cámara está regido por un sistema de posicionamiento referencial, de esta manera en realidad aumentada los objetos virtuales deben estar sincronizados con el mundo real, de tal manera que su posición y orientación se encuentren ubicados correctamente dentro de la escena de realidad aumentada.

Los sistemas de coordenadas referenciales ayudan a representar la realidad aumentada, y la orientación de los objetos dentro de la escena; dependiendo del tipo de realidad aumentada, podemos tener diferentes sistemas de coordenadas referenciales.

- **Sistema local de coordenadas**

Para, Yee et al (2011), los sistemas de coordenadas locales son coordenadas 3D que referencian a un objeto, es decir que si se expresa en relación a su modelamiento sería el sistema de coordenadas que se utilizó para el modelado del objeto 3D, entendiéndose, así como un sistema local de coordenadas.

- **Sistemas de coordenadas globales o del mundo**

Dentro de este sistema se puede encontrar que los objetos se encuentran ubicados con el sistema de referencia geográfico, para Yee et al (2011), cuando se modela una escena virtual con las coordenadas del mundo, esta escena se encuentra ubicada en algún lugar del mundo y tanto su ubicación y orientación se encuentran determinados bajo este sistema de coordenadas. Como se puede observar el sistema de coordenadas globales está regido por la posición geográfica del objeto en relación a el mundo, para la elaboración de realidad aumentada bajo este sistema de coordenadas es necesario la utilización del GPS, una de las aplicaciones más conocidas en la actualidad, en el videojuego para dispositivos móviles, es el Pokemon GO, el cual utiliza el sistema de coordenadas globales.

- **Sistemas de coordenadas basados en la cámara**

Yee et al (2011), menciona que los sistemas de coordenadas basados en la cámara se encuentran ubicadas en el centro óptico de la cámara y se relacionan perpendicularmente con el plano de la imagen de formación. Este sistema de cámaras se encuentra relacionado con el sistema de coordenadas globales o mundo, pues la cámara pasa a receptor la imagen del mundo real; y así, de esta manera se puede interactuar entre los sistemas de coordenadas, según la captura de la cámara y la ubicación de los objetos posicionados geográficamente.

- **Sistema de coordenadas en relación a la imagen**

De acuerdo a lo señalado por Yee et al (2011), la realidad virtual puede ser ubicada mediante un sistema de coordenadas 2D que se encuentran ubicados en relación a la imagen, este sistema de coordenadas puede ser relacionado en la representación de la realidad

aumentada mediante la utilización de marcadores, ya que dentro de los marcadores o imágenes se posiciona el sistema de coordenadas en el cual se proyecta el objeto virtual.

#### **2.2.4.2 Transformación de proyección**

Según Yee et al (2011), la imagen resultado de la realidad aumentada, está formada por una proyección de un objeto 3D de la realidad en un plano 2D, la cual es la imagen resultante que se aprecia como realidad aumentada. Dentro de estas proyecciones existen dos tipos principales, las cuales son: la proyección ortogonal y la proyección perspectiva, estas proyecciones permiten la combinación de los objetos del mundo real con los objetos virtuales y su posicionamiento en la escena, así como su orientación y perspectiva; con dichas proyecciones podemos observar la realidad aumentada como una imagen plana sin perder la apreciación 3D de los objetos virtuales incrustados en el mundo real.

#### **2.2.4.3 Calibración de la cámara**

De acuerdo a Yee et al (2011), la calibración de la cámara, haciendo referencia a la definición de Tsai (1987), es el proceso en el cual se calculan los parámetros intrínsecos y extrínsecos de los modelos 3D y su respectiva coordenada dentro de la imagen 2D generada; en donde los parámetros intrínsecos son aquellos que describen el funcionamiento interno de la captación de las imágenes, mientras que los parámetros extrínsecos son aquellos que describen el posicionamiento de la cámara con respecto a la posición y orientación en el mundo real. Es entonces que, la calibración de la cámara es el proceso mediante al cual se obtienen los parámetros para la elaboración de la aplicación de realidad aumentada, en cuanto respecta a la captación de la imagen en la cual se implementara los objetos digitales, teniendo como referencia los datos obtenidos por la calibración y los puntos de referencia que se

presentan mediante la calibración, de esta manera se obtiene la posición y orientación de los objetos virtuales.

#### 2.2.4.4 Visualización de la escena

López (2010), afirma que la visualización de la escena, es el paso más importante dentro del proceso de los sistemas de realidad aumentada, puesto que es aquel que permite visualizar la escena real con los objetos virtuales que han sido introducidos, en otras palabras, es el proceso en el cual se observa los objetos digitales que se quiere mostrar dentro del mundo real, es la fase final de la aplicación de realidad aumentada donde se muestra una imagen final con todos los objetos que intervienen en la aplicación de realidad aumentada.

Los mecanismos para la visualización de la escena en los sistemas de realidad aumentada, los podemos dividir en dos tipos de sistema, los sistemas de bajo costo y los sistemas de alto costo.

- **Sistemas de bajo costo**

López (2010), menciona que los sistemas de bajo costo se constituyen por aquellas aplicaciones comunes de bajo costo y accesibilidad, estos sistemas se encuentran presentes en la mayoría de dispositivos tanto móviles como estáticos, de esta manera se los puede clasificar en sistemas de realidad aumentada móvil y sistemas de realidad aumentada fijos o estáticos.

Los sistemas de realidad aumentada móvil se refieren a los dispositivos portables como smartphones, los cuales pueden albergar aplicaciones de realidad aumentada, en la actualidad el creciente desarrollo tanto de los dispositivos móviles como de las aplicaciones de realidad

aumentada, ha permitido que sean de fácil acceso en este tipo de dispositivos. Estas aplicaciones se caracterizan por trabajar con los componentes que están integrados dentro de los dispositivos móviles, para la ejecución de las aplicaciones de realidad aumentada, evitando así la utilización de un dispositivo externo. De esta manera, la captación de las imágenes se la realiza por las cámaras que vienen integradas en los dispositivos y la visualización se realiza por su pantalla, una de la desventajas de este tipo de aplicaciones móviles es su baja calidad, puesto a que no tienen memoria dedicada a la ejecución de gráficos, es por eso que la calidad de la visualización se puede tornar baja, no obstante, en la actualidad el desarrollo de dispositivos móviles más potentes ha acortado esa brecha y podemos contar con aplicaciones de realidad aumentada con una excelente calidad.

Por otra parte, López (2010), también menciona a los dispositivos de realidad aumentada fijos o estáticos, los cuales son dispositivos estáticos de gran volumen, e inclusive también computadores portátiles, puntualizando que la principal diferencia entre los dispositivos móviles y los fijos es la robustez de sus sistemas; ya que los dispositivos fijos tienen un mejor nivel de calidad de imagen, esto se debe a que estos equipos poseen procesamiento de video dedicado y de igual forma consta con equipos periféricos de mayor fiabilidad, lo que hace que los sistemas de realidad aumentada fijos o estáticos tengan una mejor definición en la imágenes presentadas.

- **Sistemas de alto costo**

Para López (2010), los sistemas de realidad aumentada de alto costo son escasos, puesto que su valor es alto, sin embargo, existe dispositivos militares o simuladores de vuelo que cuentan con esta tecnología, de esta manera los usuarios de esta tecnología cuentan con una

mayor información que les facilita el sistema de realidad aumentada. Una de las características principales de estos sistemas es la interactividad de los usuarios con la realidad aumentada, llegando a crear proyecciones sobre el mundo real con la utilización de proyectores de imágenes 2D para transformarlos en proyecciones 3D dentro del ambiente real, con lo cual el usuario puede interactuar con los objetos en el ambiente real; las proyecciones se las presenta en forma de hologramas creados a través de la utilización de espejos que simulan el objeto virtual como un objeto del mundo real. En la actualidad los sistemas de realidad virtual interactivo, han dado un gran salto con el desarrollo de videojuegos, los cuales le permiten al usuario interactuar con la realidad aumentada, ofreciéndole así la sensación de control sobre los objetos virtuales introducidos en al ambiente virtual, de igual manera se puede decir que el avance de estas tecnologías, ha hecho que el costo sea más bajo, pero sin embargo siguen perteneciendo a los sistemas de realidad aumentada de alto costo.

### **2.3 Herramientas para el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada**

En la actualidad existen un numero considerable de softwares que permiten la elaboración de sistemas tanto de realidad virtual como de realidad aumentada, de esta manera podemos encontrar diferentes tipos de plugins y programas orientados a la creación de aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada, a continuación se muestra las herramientas con las cuales se elaboró el presente trabajo.

### **2.3.1 Vuforia**

Es una plataforma comercial para desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, posee un gran número de herramientas que permite explotar la creatividad de los programadores. Vuforia es compatible con Android e iOS, posee la capacidad de reconocimiento de objetos 3D, imágenes, marcadores y texto.

Las principales características que ofrece Vuforia son: reconocimiento de texto e imágenes. un rastreo robusto, lo cual significa que una vez fijado el Target, difícilmente se perderá, incluso si existe movimiento; Detección rápida de Targets, así como detección y rastreo simultáneo de Targets.

### **2.3.2 Unity**

Unity es motor de videojuegos, es considerado como uno de los más utilizados por los programadores independientes, permitiendo un mayor desarrollo de contenidos interactivos. Unity 2017, integra las tecnologías de realidad aumentada y realidad virtual, dentro del propio IDE, entre sus principales características se encuentran la integración nativa de diferentes APIs, así como opciones de configuración como Holones u Oculus Rift, de igual manera Unity ofrece un pipeline de renderizado estereoscópico, optimizado, permitiendo así altos valores de frame rate.

### **2.3.3 Google Cardboard**

Google cardboard es un equivalente a gafas de realidad virtual con la utilización de un smartphone, es decir, es una plataforma de realidad virtual sobre la base de cartón plegable. El Google cardboard es compatible con Android y iOS, entre sus principales características se encuentran su cohesión, comodidad y exclusión de la luz, adicionalmente tiene un bajo

costo e incluso pueden ser elaborados en casa, siempre que se cuente con los materiales necesarios.

#### **2.3.4 Sketchup**

Google sketchup es un programa informático desarrollado para diseño y modelaje en 3D, permitiendo la concepción de volúmenes y formas arquitectónicas, es decir imágenes 3D de edificaciones, así como también de mobiliario, paisajes, autos, personas, animales o cualquier objeto.

Sus principales características son su potente interfaz, su flexibilidad y sencillez, mismas que permiten concluir los proyectos sin la necesidad de salir del programa.



## **CAPITULO III**

### **3.1 Desarrollo de la aplicación de realidad virtual y realidad aumentada**

El presente capítulo tiene como objetivo el desarrollo de un aplicativo para mostrar el funcionamiento de las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada. Para conseguir la visualización de las tecnologías, se desarrollará una aplicación móvil que permita la visualización de realidad aumentada y realidad virtual del campus de la Universidad Técnica del Norte, de esta manera visualizar el funcionamiento de las tecnologías y su aplicación para la presentación de edificaciones arquitectónicas. esta aplicación se desarrolló utilizando la metodología de desarrollo ágil XP, por la flexibilidad de la metodología y su adaptación para la elaboración de proyectos de desarrollo móvil.

#### **3.1.1 Planificación y levantamiento de requerimientos**

En la presente investigación se desarrolló la posibilidad de elaborar aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada para la presentación de edificaciones arquitectónicas como alternativa de visualización, para lo cual se desarrolló interacciones con posibles usuarios de las tecnologías y de esta manera se pudo determinar los requerimientos que una aplicación móvil necesita para la presentación de realidad virtual y de realidad aumentada, los cuales fueron inscritos en historias de usuario tal como propone la metodología de desarrollo XP. De esta manera se logró determinar el desarrollo de la aplicación de realidad virtual y realidad aumentada, así como su arquitectura, de igual forma se solventaron las necesidades de los clientes y se proporcionó una herramienta demostrativa de la aplicación de las tecnologías de

realidad virtual y realidad aumentada para la representación de edificaciones arquitectónicas.

### 3.1.1.1 Historias de usuario

A continuación, se detallan las historias de usuario que se utilizaron para la planificación y desarrollo de la aplicación móvil para la representación de las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada.

- **Levantamiento de información arquitectónica**

**Tabla 3.** Historia de usuario Nro. 1

<b>HISTORIA DE USUARIO</b>	
Número: <b>1</b>	Usuario: Diseñador
Nombre: <b>Recopilación de información</b>	
Modificación de historia número: <b>1</b>	Iteración asignada: <b>1</b>
Prioridad en negocio: <b>Alta</b>	Riesgo en desarrollo: <b>Bajo</b>
Puntos estimados: <b>4</b>	Puntos reales: <b>3</b>
Descripción: <b>Para el desarrollo de la aplicación móvil de realidad aumentada y realidad virtual de edificaciones del campus de la Universidad Técnica del Norte, se recopilará la información de planos arquitectónicos de las edificaciones del campus, proporcionada por el departamento de construcciones de la Universidad Técnica del Norte</b>	
Observaciones: <b>Ninguna</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 4.** Historia de usuario Nro. 2

<b>HISTORIA DE USUARIO</b>	
Número: <b>2</b>	<b>Usuario:</b> Diseñador
Nombre: <b>Modelamiento de los planos arquitectónicos</b>	
Modificación de historia número: <b>2</b>	<b>Iteración asignada:</b> 1
Prioridad en negocio: <b>Alta</b>	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Alto
Puntos estimados: <b>5</b>	<b>Puntos reales:</b> 4
Descripción: <b>Se realizará los modelos 3D de la Universidad Técnica del Norte, para lo cual nos basaremos en los planos que constan en el inventario de edificaciones 2018, mismos que han sido proporcionados por el departamento de construcciones de la Universidad Técnica del Norte.</b>	
Observaciones: <b>La realización de los modelos 3D se regirá específicamente al inventario de edificaciones 2018 de la Universidad Técnica del Norte.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 5.** Historia de usuario Nro. 3

<b>HISTORIA DE USUARIO</b>	
Número: <b>3</b>	<b>Usuario:</b> Programador
Nombre: <b>Configuración de las herramientas para la elaboración de la aplicación</b>	
Modificación de historia número: <b>3</b>	<b>Iteración asignada:</b> 2
Prioridad en negocio: <b>Baja</b>	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Baja

Puntos estimados: <b>3</b>	Puntos reales: <b>2</b>
Descripción: <b>Se instalará y configurará todas las herramientas necesarias para la elaboración del aplicativo a ser empleado en la presentación de las edificaciones en realidad virtual y aumenta, del campus de la Universidad Técnica del Norte.</b>	
Observaciones: <b>Ninguna</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 6.** Historia de usuario Nro. 4

<b>HISTORIA DE USUARIO</b>	
Número: <b>4</b>	Usuario: Programador
Nombre: <b>Elaboración y desarrollo de página principal</b>	
Modificación de historia número: <b>4</b>	Iteración asignada: <b>2</b>
Prioridad en negocio: <b>Media</b>	Riesgo en desarrollo: <b>Medio</b>
Puntos estimados: <b>4</b>	Puntos reales: <b>3</b>
Descripción: <b>Se procederá a la elaboración de la página de inicio del aplicativo, es decir, la interfaz de usuario para el ingreso al aplicativo.</b>	
Observaciones: <b>Ninguna</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 7.** Historia de usuario Nro. 5

<b>HISTORIA DE USUARIO</b>	
Número: <b>5</b>	<b>Usuario:</b> Programador
Nombre: <b>Elaboración de la realidad virtual</b>	
Modificación de historia número: <b>5</b>	<b>Iteración asignada:</b> 3
Prioridad en negocio: <b>Alta</b>	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Alto
Puntos estimados: <b>5</b>	<b>Puntos reales:</b> 4
Descripción: <b>Se procederá a la elaboración y configuración de la escena, lo cual permitirá mostrar las edificaciones del Universidad Técnica del Norte, en realidad virtual.</b>	
Observaciones: <b>Ninguna</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 8.** Historia de usuario Nro. 6

<b>HISTORIA DE USUARIO</b>	
Número: <b>6</b>	<b>Usuario:</b> Programador
Nombre: <b>Elaboración de la realidad aumentada</b>	
Modificación de historia número: <b>6</b>	<b>Iteración asignada:</b> 3
Prioridad en negocio: <b>Alta</b>	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Alto
Puntos estimados: <b>5</b>	<b>Puntos reales:</b> 4

Descripción: **Se procederá a la elaboración y configuración de la escena, lo cual permitirá mostrar las edificaciones del Universidad Técnica del Norte, en realidad aumentada.**

Observaciones: **Ninguna**

**Fuente.** Propia

### 3.1.1.2 Roles

El desarrollo de la aplicación de realidad virtual y realidad aumentada, requiere la definición de roles, los cuales permiten la construcción del proyecto, a través de, la descripción de las tareas y responsabilidades, a ser efectuadas por cada uno de los usuarios involucrados en el desarrollo de la aplicación de realidad virtual y realidad aumentada del campus de la Universidad Técnica del Norte. A continuación, se detallan los roles mediante la siguiente tabla:

**Tabla 9.** Roles de usuario de la metodología XP

ROL	RESPONSABILIDADES
<b>Diseñador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Responsable del diseño de modelos 3D.</li> <li>▪ Responsable del diseño de interfaces gráficas amigables para el usuario.</li> </ul>

<p><b>Programador</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Responsable de desarrollar el código de la aplicación para realidad virtual y realidad aumentada.</li> <li>▪ Responsable de la configuración de Software para el desarrollo.</li> </ul>
<p><b>Tester</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Responsable de pruebas de funcionamiento.</li> <li>▪ Responsable de detección de errores</li> </ul>

**Fuente.** Propia

- **Integrantes del Equipo**

El desarrollo de la aplicación para realidad virtual y realidad aumentada, requiere de la participación del estudiante en diferentes roles, así como también de la revisión del Tutor del presente trabajo de Titulación. A continuación, se detalla la especificidad de cada uno de los roles.

*Tabla 10. Integrantes del equipo de desarrollo*

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	ROL XP
<b>Cristian Echeverría</b>	Diseño y modelamiento de elementos gráficos de la aplicación.	Diseñador
<b>Cristian Echeverría</b>	Desarrollo y programación de los componentes internos de la aplicación.	Programador
<b>Cristian Echeverría</b>	Prueba y detecta posibles errores de funcionamiento.	Tester
<b>Ing. Mg. Cosme Ortega</b>	Supervisa y audita la metodología del presente trabajo de titulación.	Tutor

Fuente. Propia

### 3.1.2 Entorno de Desarrollo

**Tabla 11.** Elementos para el desarrollo de la aplicación

ELEMENTO	TECNOLOGIA	OBSERVACIONES
<b>SketchUp</b>	Modelado 3D	SketchUp es un software de modelamiento de objetos 3D, distribuido por Google, lo que convierte a SketchUp en la mejor opción por ser compatible con el SDK de desarrollo de realidad virtual
<b>SDK cardboard</b>	Implementación de Realidad Virtual	El SDK cardboard es una distribución de google para la implementación de aplicaciones de realidad virtual para las gafas de visión estereoscópica Google Carboard.
<b>Plugging Vuforia</b>	Implementación de realidad aumentada	Es un plugin que permite la elaboración de realidad aumentada mediante la detección de marcadores, vuforia permite una excelente interacción con unity 3D
<b>Unity 3D</b>	Desarrollo de videojuegos	Unity 3D es uno de los mas grandes motores para el desarrollo de videojuegos, este software nos permite la

		interacción con el plugins Vuforia y con el SDK Cardboard, además nos proporciona un ambiente de trabajo ideal para la elaboración de las aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada.
<b>Metodología de Desarrollo</b>	Metodología de desarrollo	La metodología de desarrollo XP es una metodología ágil, por lo que resulta de gran ayuda en el desarrollo de la aplicación.

**Fuente.** Propia

### 3.1.3 Cronograma de Actividades

La aplicación se desarrolló guiándose en el cronograma planteado para el desarrollo del aplicativo y guiándose en la metodología de desarrollo XP. De esta manera se pudo tener control en los tiempos de ejecución de cada una de las etapas de la metodología.

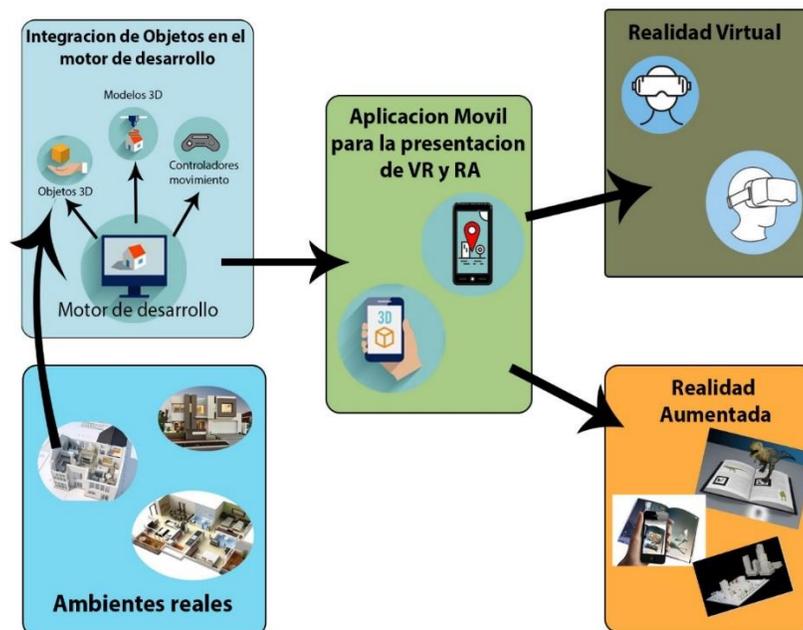
El cronograma se encuentra elaborado con los tiempos en los cuales se desarrollo las aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada.

<b>i</b>	<b>Modo de</b>	<b>Nombre de tarea</b>	<b>Duración</b>	<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>
		Desarrollo capitulo I	5 días	lun 27/11/17	vie 1/12/17
		Desarrollo capitulo II	10 días	sáb 2/12/17	jue 14/12/17
		Diseño de modelos 3D UTN	20 días	jue 30/11/17	mié 27/12/17
		Diseño realidad aumentada	10 días	mar 26/12/17	lun 8/1/18
		Diseño Realidad Virtual	14 días	dom 31/12/17	mié 17/1/18
		Elaboracion Capitulo III	20 días	jue 28/12/17	mié 24/1/18
		Desarrollo interface de usuario	4 días	mié 24/1/18	lun 29/1/18
		Desarrollo aplicación movil	4 días	mar 30/1/18	vie 2/2/18
		Test aplicación Movil	2 días	sáb 3/2/18	lun 5/2/18
		Desaroolo caitulo IV	5 días	vie 2/2/18	jue 8/2/18

**Figura 4.** Cronograma planificación de desarrollo del proyecto

**Fuente:** Propia

### 3.1.4 Diagrama del Sistema



**Figura 5.** Diagrama de una aplicación de realidad virtual y realidad aumentada

**Fuente.** Propia

### 3.2 Iteración 1

#### 3.2.1 Tarea por historia Iteración 1

- **Recopilación de información**

**Tabla 12.** Cronograma recopilación de información iteración I

Historia 1: Recopilación de información		
Número	Nombre	Tiempo estimado
1	Recopilación e investigación sobre los planos arquitectónicos de la Universidad Técnica del Norte	4 días
2	Estudio del documento del inventario de edificaciones de la Universidad Técnica del Norte	3 días
3	Extracción de los planos arquitectónicos del inventario de edificaciones de la Universidad Técnica del Norte	3 días
4	Clasificación de los planos arquitectónicos de la Universidad Técnica del Norte	3 días
	<b>Fuente. Propia</b>	<b>Total: 13 días</b>

**Tabla 13.** Tarea 1 de la historia de usuario 1

<b>TAREA</b>	
Número: <b>1</b>	Número de historia: <b>1</b>
Nombre: <b>Recopilación e investigación sobre los planos arquitectónicos de la Universidad Técnica del Norte</b>	
Tipo de tarea: <b>Investigación</b>	Puntos estimados: <b>4</b>
Fecha de inicio: <b>02-12-17</b>	Fecha de fin: <b>05-12-17</b>
Descripción: <b>Se realizará una revisión de los planos arquitectónicos disponibles en la Universidad Técnica del Norte.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 14.** Tarea 2 de la historia de usuario 1

<b>TAREA</b>	
Número: <b>2</b>	Número de historia: <b>1</b>
Nombre: <b>Estudio del documento del inventario de edificaciones de la Universidad Técnica del Norte</b>	
Tipo de tarea: <b>Investigación</b>	Puntos estimados: <b>4</b>
Fecha de inicio: <b>06-12-17</b>	Fecha de fin: <b>08-12-17</b>

**Descripción:** En base a la revisión de los planos arquitectónicos, se realizará un análisis del documento del inventario de edificaciones de la Universidad Técnica del Norte.

**Fuente.** Propia

**Tabla 15.** Tarea 3 de la historia de usuario 1

<b>TAREA</b>	
Número: <b>3</b>	Número de historia: <b>1</b>
Nombre: <b>Extracción de los planos arquitectónicos del inventario de edificaciones de la Universidad Técnica del Norte</b>	
Tipo de tarea: <b>Investigación</b>	Puntos estimados: <b>4</b>
Fecha de inicio: <b>09-12-17</b>	Fecha de fin: <b>11-12-17</b>
Descripción: <b>Se guardarán en formato de imagen los planos obtenidos del inventario de edificaciones de la Universidad Técnica del Norte.</b>	

**Fuente.** Propia

**Tabla 16.** Tarea 4 de la historia de usuario 1

<b>TAREA</b>	
Número: <b>4</b>	Número de historia: <b>1</b>
Nombre: <b>Clasificación de los planos arquitectónicos de la Universidad Técnica del Norte</b>	
Tipo de tarea: <b>Investigación</b>	Puntos estimados: <b>4</b>

Fecha de inicio: <b>12-12-17</b>	Fecha de fin: 14-12-17
Descripción: <b>Se realizará un ordenamiento de los planos de acuerdo a las edificaciones existentes de la Universidad Técnica del Norte.</b>	

**Fuente. Propia**

- **Modelamiento de los planos arquitectónicos**

**Tabla 17.** Cronograma modelamiento planos iteración 2

<b>Historia 2: Modelamiento de los planos arquitectónicos</b>		
<b>Número</b>	<b>Nombre</b>	<b>Tiempo estimado</b>
<b>1</b>	Modelamiento 3D de facultades de la Universidad Técnica del Norte	3 días
<b>2</b>	Modelamiento 3D de edificaciones administrativas de la Universidad Técnica del Norte	3 días
<b>3</b>	Modelamiento de áreas verdes de la Universidad Técnica del Norte	3 días
<b>4</b>	Modelamiento de áreas deportivas de la Universidad Técnica del Norte	3 días
	<b>Fuente. Propia</b>	<b>Total: 12 días</b>

**Fuente. Propia**

**Tabla 18.** Tarea 1 de historia de usuario 2

<b>TAREA</b>	
Número: <b>1</b>	Número de historia: <b>2</b>
Nombre: <b>Modelamiento 3D de facultades de la Universidad Técnica del Norte</b>	
Tipo de tarea: <b>Diseño</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>15-12-17</b>	Fecha de fin: <b>17-12-17</b>
Descripción: <b>El diseñador considerará los planos para la realización del modelamiento 3D de cada una de las facultades de la Universidad Técnica del Norte.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 19.** Tarea 2 de historia de usuario 2

<b>TAREA</b>	
Número: <b>2</b>	Número de historia: <b>2</b>
Nombre: <b>Modelamiento 3D de edificaciones administrativas de la Universidad Técnica del Norte</b>	
Tipo de tarea: <b>Diseño</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>18-12-17</b>	Fecha de fin: <b>20-12-17</b>
Descripción: <b>El diseñador considerará los planos para la realización del modelamiento 3D de las edificaciones administrativas de la Universidad Técnica del Norte.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 20.** Tarea 3 de historia de usuario 2

<b>TAREA</b>	
Número: <b>3</b>	Número de historia: <b>2</b>
Nombre: <b>Modelamiento 3D de áreas verdes de la Universidad Técnica del Norte</b>	
Tipo de tarea: <b>Diseño</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>21-12-17</b>	Fecha de fin: <b>23-12-17</b>
Descripción: <b>El diseñador considerará los planos para la realización del modelamiento 3D de las áreas verdes de la Universidad Técnica del Norte.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 21.** Tarea 4 de historia de usuario 2

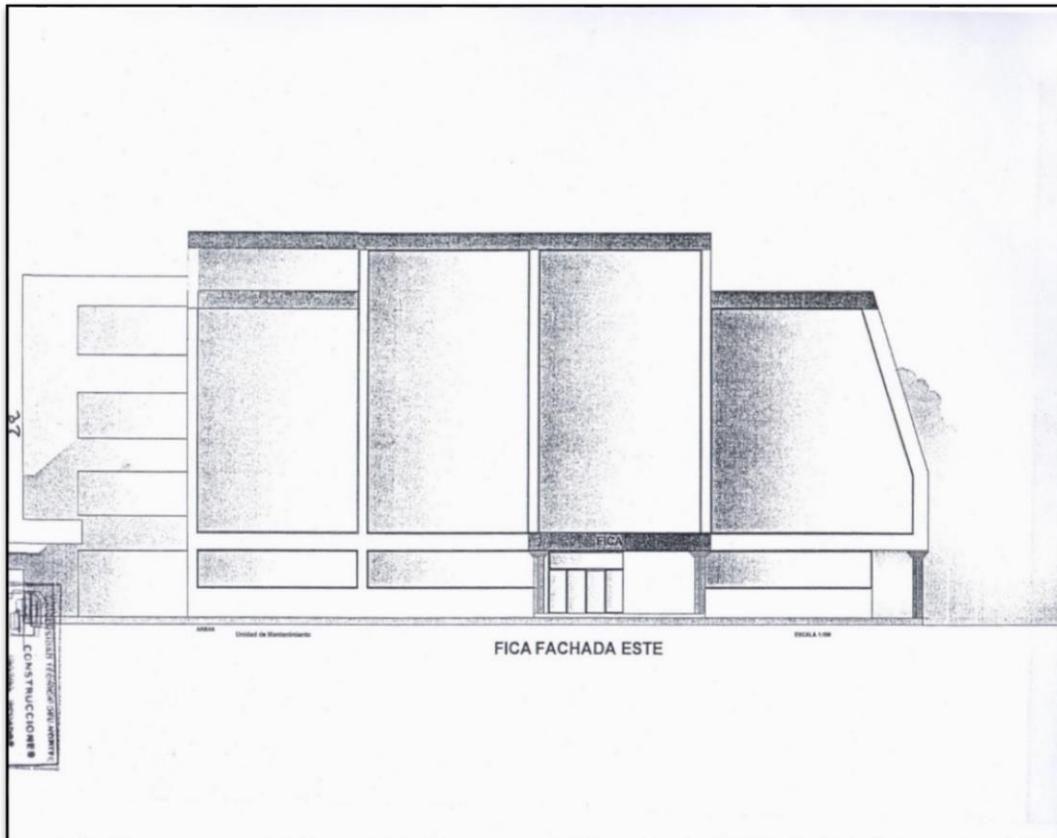
<b>TAREA</b>	
Número: <b>4</b>	Número de historia: <b>2</b>
Nombre: <b>Modelamiento 3D de áreas deportivas de la Universidad Técnica del Norte</b>	
Tipo de tarea: <b>Diseño</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>24-12-17</b>	Fecha de fin: <b>26-12-17</b>
Descripción: <b>El diseñador considerará los planos para la realización del modelamiento 3D de las áreas deportivas de la Universidad Técnica del Norte.</b>	

Fuente. Propia

### 3.2.2 Desarrollo de la Iteración 1

- **Historia 2: Modelamiento de los planos arquitectónicos**

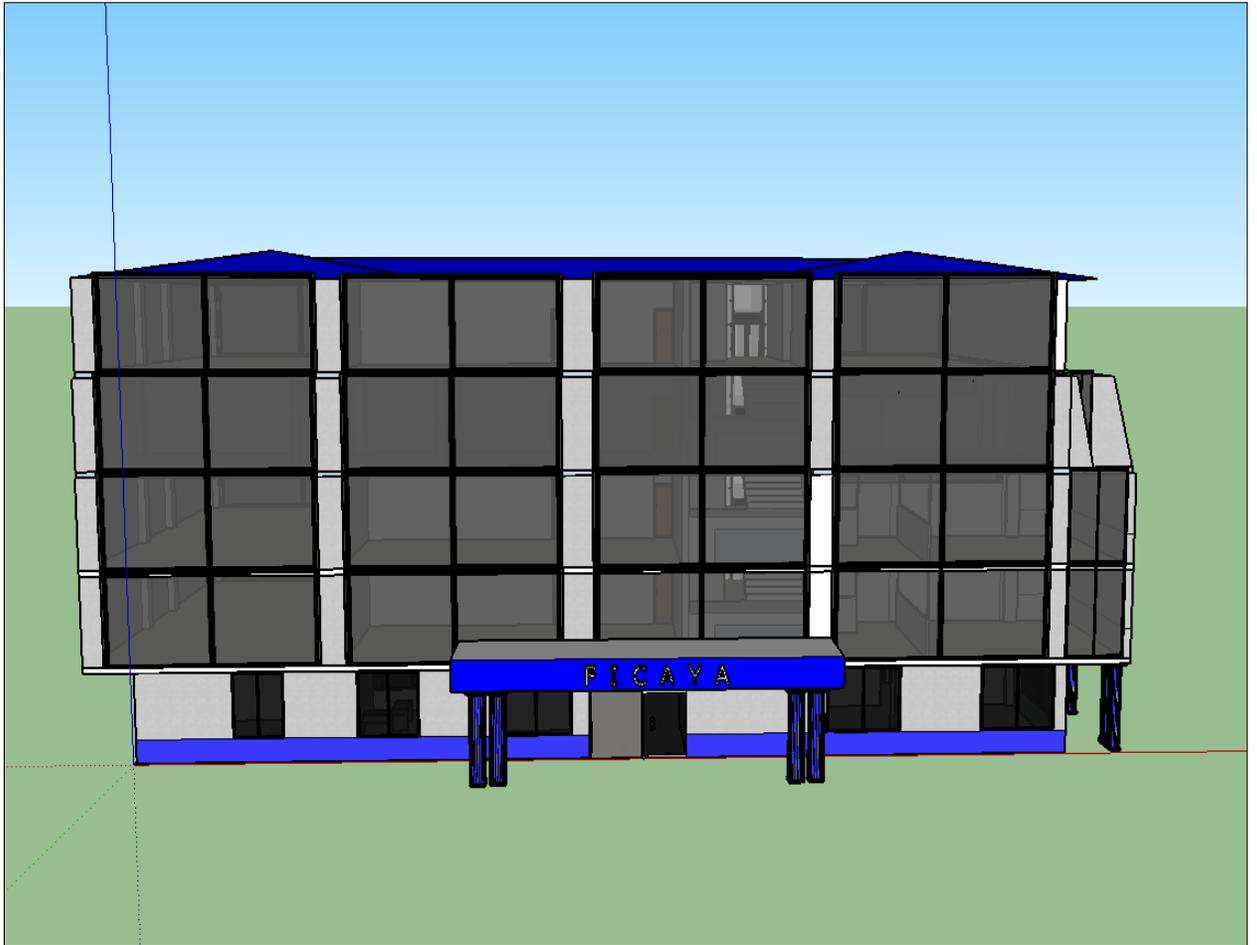
Para el modelamiento 3D de facultades de la Universidad Técnica del Norte, el diseñador carga el plano correspondiente.



**Figura 6.** Plano arquitectónico de las facultades de la Universidad Técnica del Norte

**Fuente:** Universidad Técnica del Norte. (2018). Recuperado de: Inventario de edificaciones 2018 UTN.

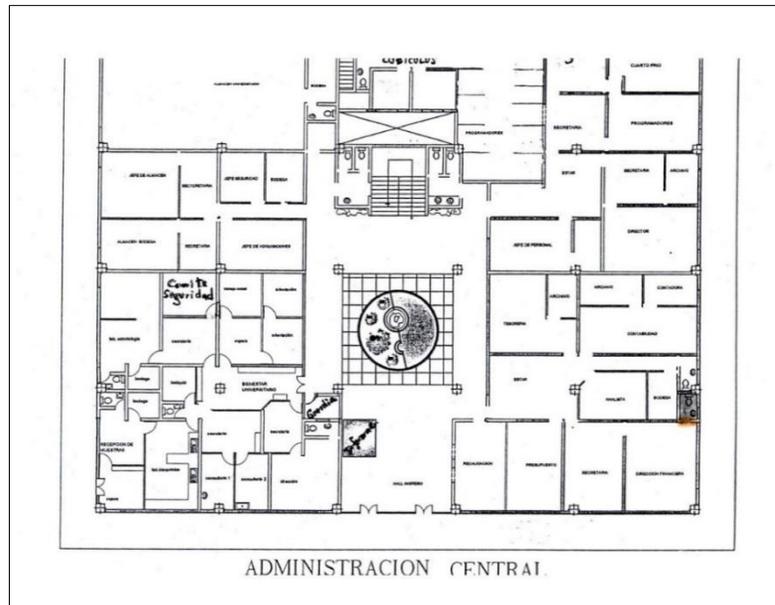
El diseñador realiza el modelado 3D de facultades en base al plano



**Figura 7.** Modelado 3D de las facultades de la Universidad Técnica del Norte

**Fuente:** Propia

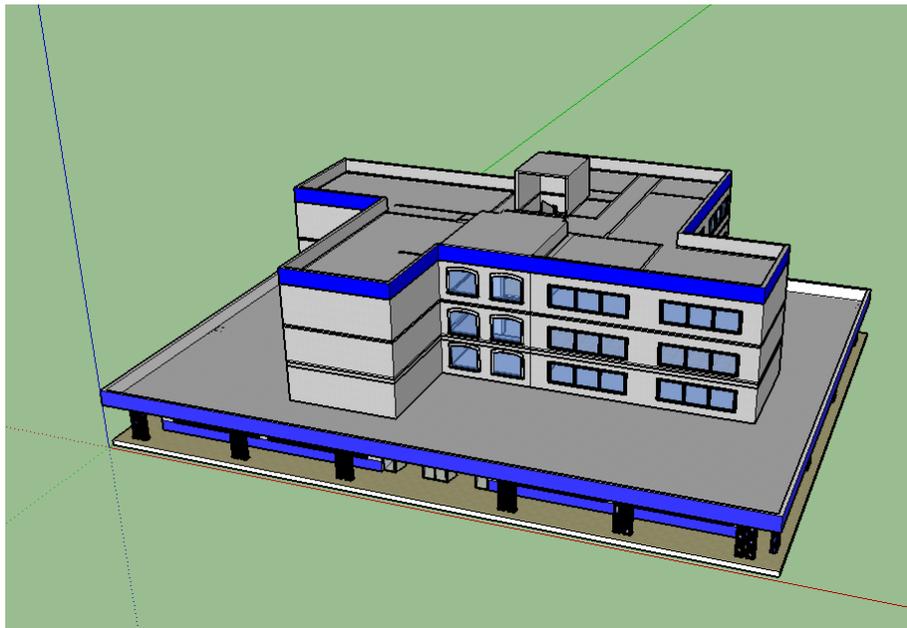
Para el modelamiento 3D de edificaciones administrativas de la Universidad Técnica del Norte, el diseñador carga el plano correspondiente.



**Figura 8.** Modelado 3D de las edificaciones administrativas de la UTN

**Fuente:** Universidad Técnica del Norte. (2018). Recuperado de: Inventario de edificaciones 2018 UTN.

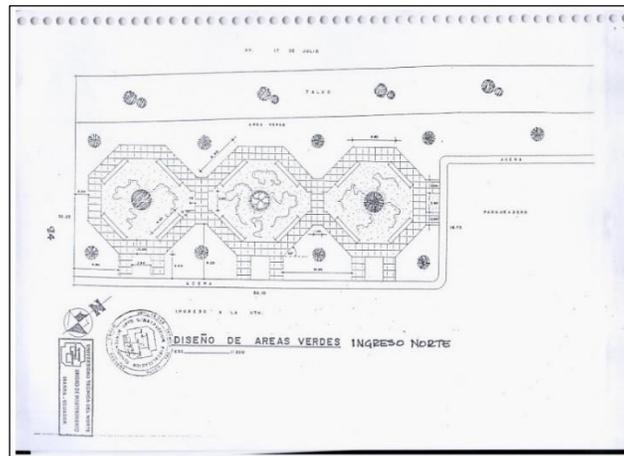
El diseñador realiza el modelado 3D de edificaciones administrativas en base al plano.



**Figura 9.** Modelado 3D de las edificaciones administrativas de la UTN.

**Fuente:** Propia

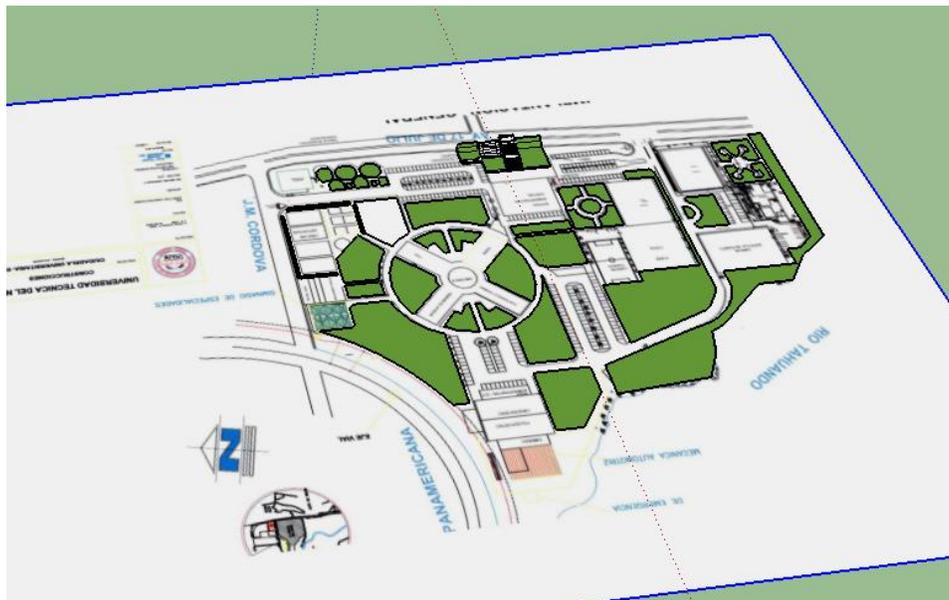
Para el modelamiento 3D de áreas verdes de la Universidad Técnica del Norte, el diseñador carga el plano correspondiente.



**Figura 10.** Modelado 3D de las áreas verdes de la Universidad Técnica del Norte.

**Fuente:** Universidad Técnica del Norte. (2018). Recuperado de: Inventario de edificaciones 2018 UTN.

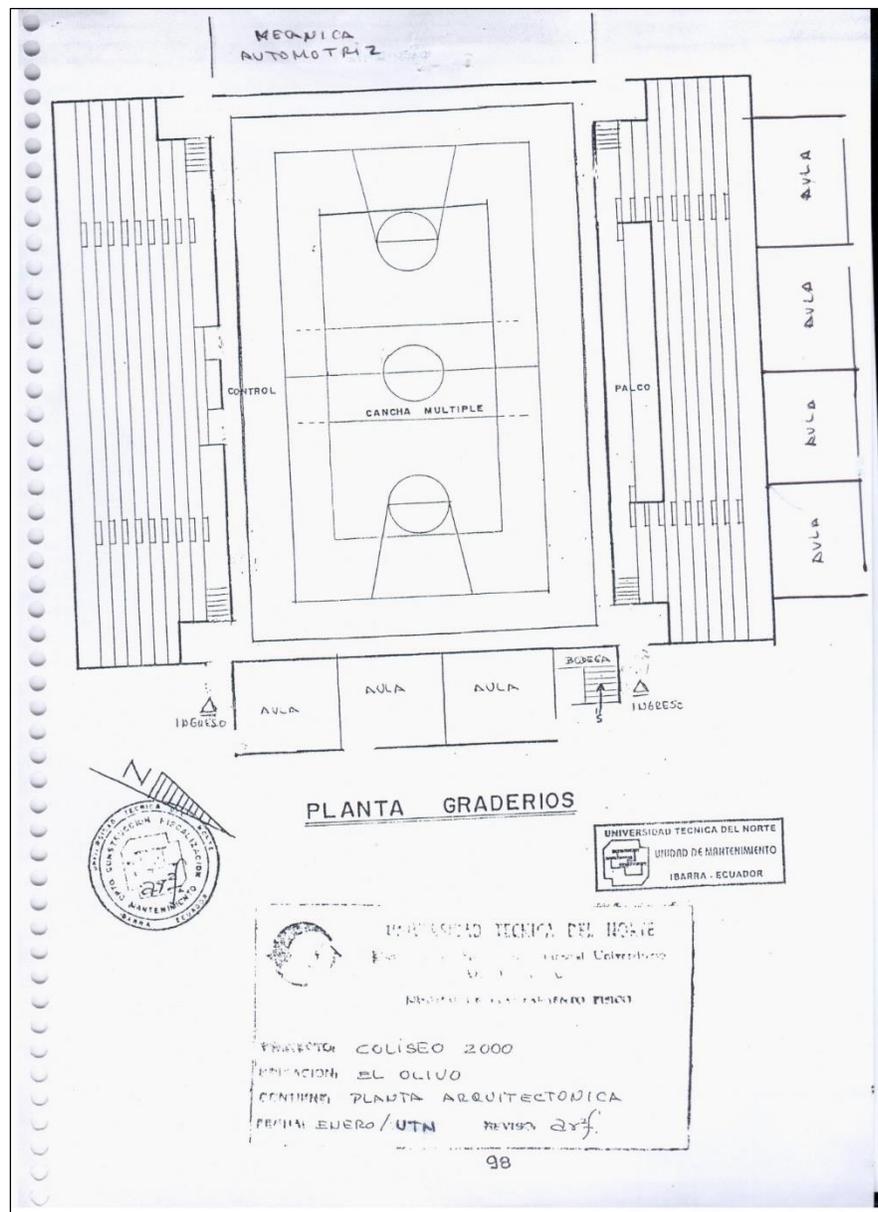
El diseñador realiza el modelado 3D de áreas verdes en base al plano



**Figura 11.** Modelado 3D de las áreas verdes de la Universidad Técnica del Norte.

**Fuente:** Propia

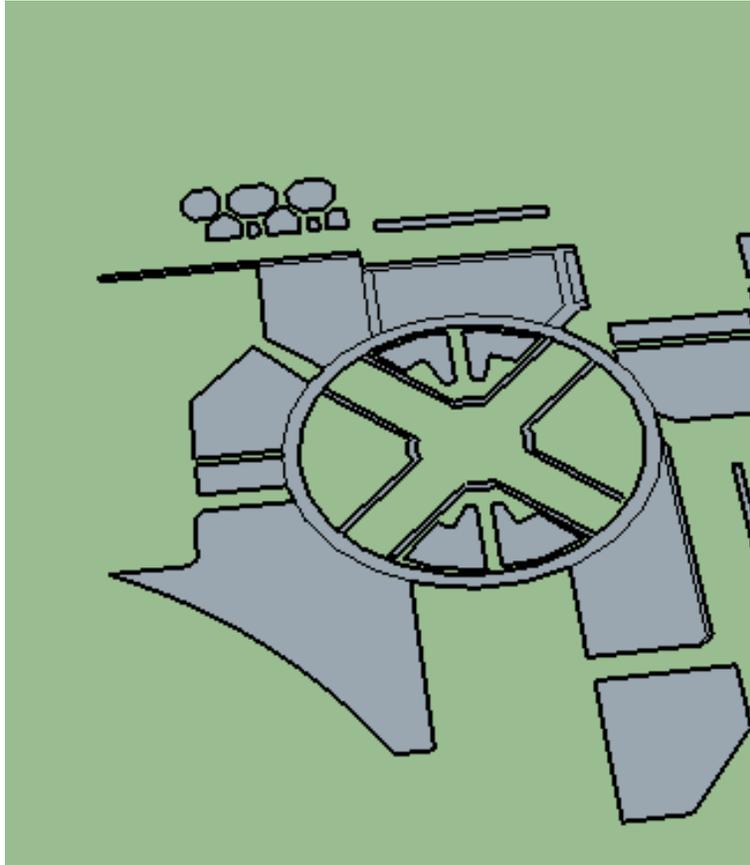
Para el modelamiento 3D de áreas deportivas de la Universidad Técnica del Norte, el diseñador carga el plano correspondiente.



**Figura 12.** Modelado 3D de las áreas deportivas de la Universidad Técnica del Norte.

**Fuente:** Universidad Técnica del Norte. (2018). Recuperado de: Inventario de edificaciones 2018 UTN.

El diseñador realiza el modelado 3D de áreas deportivas en base al plano



**Figura 13.** Modelado 3D de las áreas deportivas de la Universidad Técnica del Norte.

**Fuente:** Propia

### 3.2.3 Pruebas de Iteración 1

- Se procederá a la revisión de las geometrías de los modelos 3D, de existir alguna geometría irregular, se realizará la respectiva corrección.
- Se verificará las texturas correspondientes a los modelos de edificaciones, áreas verdes y deportivas.
- Se verificará la correcta importación al modelo solicitado por UNITY

### 3.3 Iteración 2

#### 3.3.1 Tarea por historia Iteración 2

- Configuración de las herramientas para la elaboración de la aplicación

**Tabla 22.** Cronograma ejecución iteración 2

Historia 3: Configuración de las herramientas para la elaboración de la aplicación		
Número	Nombre	Tiempo estimado
1	Configuración del entorno UNITY 3D	1 día
2	Importación de recursos y modelos	1 día
3	Obtención de SDK Google cardboard	1 día
4	Obtención de SDK Vuforia para realidad aumentada	1 día
		<b>Total: 4 días</b>

**Fuente.** Propia

**Tabla 23.** Tarea 1 de historia de usuario 3

TAREA	
Número: 1	Número de historia: 3
Nombre: Configuración del entorno UNITY 3D	
Tipo de tarea: Programación	Puntos estimados: 3

Fecha de inicio: <b>27-12-17</b>	Fecha de fin: 27-12-17
Descripción: <b>El programador configura el entorno de UNITY 3D.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 24.** Tarea 2 de historia de usuario 3

TAREA	
Número: <b>2</b>	Número de historia: <b>3</b>
Nombre: <b>Importación de recursos y modelos</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>3</b>
Fecha de inicio: <b>28-12-17</b>	Fecha de fin: 28-12-17
Descripción: <b>El programador importa recurso y modelos.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 25.** Tarea 3 de historia de usuario 3

TAREA	
Número: <b>3</b>	Número de historia: <b>3</b>
Nombre: <b>Obtención de SDK Google cardboard</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>3</b>
Fecha de inicio: <b>29-12-17</b>	Fecha de fin: 29-12-17
Descripción: <b>El programador obtiene el SDK Google cardboard.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 26.** Tarea 4 de historia de usuario 3

<b>TAREA</b>	
Número: <b>4</b>	Número de historia: <b>3</b>
Nombre: <b>Obtención de SDK Vuforia para realidad aumentada</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>3</b>
Fecha de inicio: <b>30-12-17</b>	Fecha de fin: <b>30-12-17</b>
Descripción:	

**Fuente.** Propia

- **Elaboración y desarrollo de página principal**

**Tabla 27.** Cronograma para la elaboración de las escenas de inicio de las aplicaciones

<b>Historia 4: Elaboración y desarrollo de página principal</b>		
<b>Número</b>	<b>Nombre</b>	<b>Tiempo estimado</b>
<b>1</b>	Configuración de la escena	2 días
<b>2</b>	Elaboración de canvas	1 día
<b>3</b>	Programación pantallas de inicio	1 día
<b>Fuente.</b> Propia		<b>Total: 4 días</b>

**Tabla 28.** Tarea 1 de historia de usuario 4

<b>TAREA</b>	
Número: <b>1</b>	Número de historia: <b>4</b>
Nombre: <b>Configuración de la escena</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>4</b>
Fecha de inicio: <b>04-01-18</b>	Fecha de fin: <b>05-01-18</b>
Descripción: <b>El programador trabajará en la configuración de la cámara, contemplando su adecuado posicionamiento.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 29.** Tarea 2 de historia de usuario 4

<b>TAREA</b>	
Número: <b>2</b>	Número de historia: <b>4</b>
Nombre: <b>Elaboración de canvas y botones de acceso</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>4</b>
Fecha de inicio: <b>06-01-18</b>	Fecha de fin: <b>06-01-18</b>
Descripción: <b>El programador elaborará el canvas y de botones de acceso, contemplando su adecuado funcionamiento.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 30.** Tarea 3 de historia de usuario 4

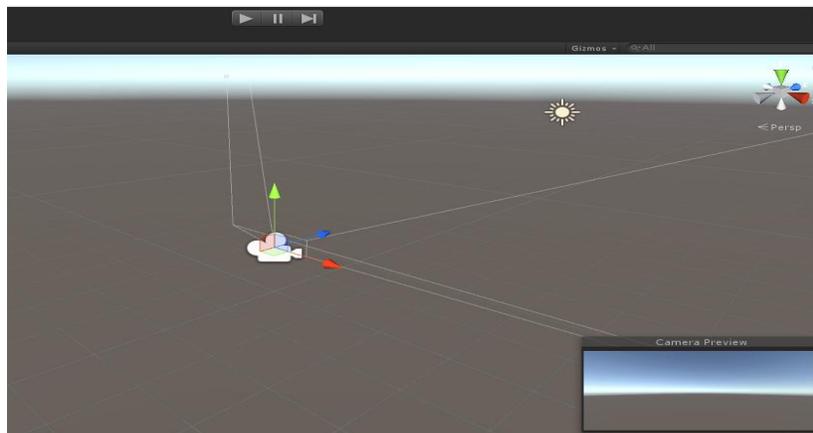
TAREA	
Número: <b>3</b>	Número de historia: <b>4</b>
Nombre: <b>Programación de botones de acceso</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>4</b>
Fecha de inicio: <b>07-01-18</b>	Fecha de fin: <b>07-01-18</b>
Descripción: <b>El programador trabajará en la programación de botones de acceso, contemplando su adecuado funcionamiento.</b>	

Fuente. Propia

### 3.3.2 Desarrollo de Iteración 2

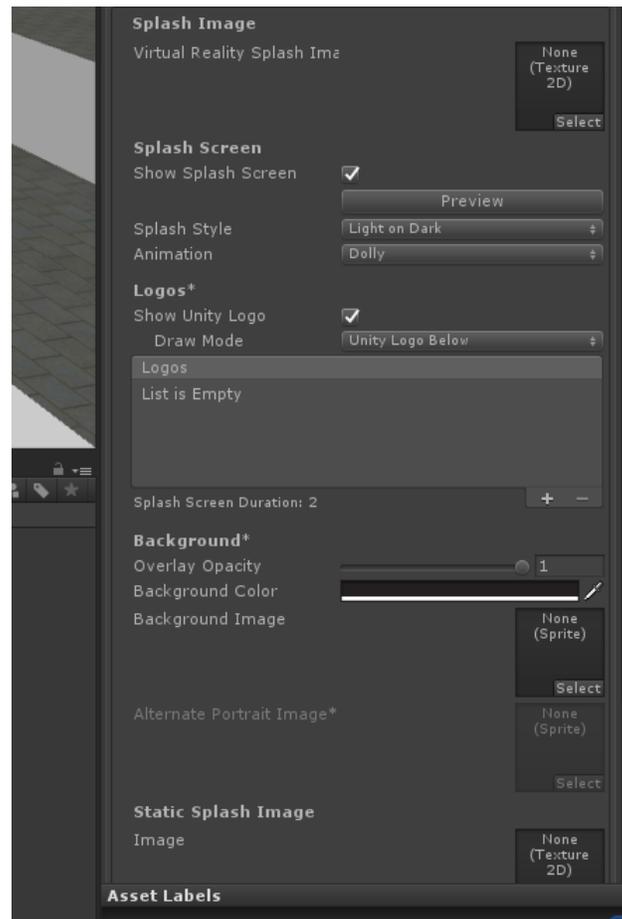
#### Historia 4: Elaboración y desarrollo de página principal

Configuración de la escena y cámara

**Figura 14.** Configuración de la cámara en Unity.

Fuente: Propia

## Creación y configuración del canvas y página de inicio



**Figura 15.** Configuración página de inicio de las aplicaciones.

**Fuente:** Propia

### 3.3.3 Pruebas de Iteración 2

- Se verificará el correcto posicionamiento de la cámara para la detección de realidad aumentada.
- Se verificará el correcto posicionamiento de los objetos dentro del canvas
- Se verificará el correcto funcionamiento de los botones y su adecuado control sobre la escena

### 3.4 Iteración 3

#### 3.4.1 Tarea por historia Iteración

- **Elaboración de la realidad virtual**

**Tabla 31.** Cronograma ejecución de la iteración 3

Historia 5: Elaboración de la realidad virtual		
Número	Nombre	Tiempo estimado
1	Importación del SDK Google cardboard	1 día
2	Configuración del SDK Google cardboard	1 día
3	Programación de un scrip para movimiento en primera persona	1 día
4	Configuración de cámara de la escena de realidad virtual	1 día
5	Implementación de scrip para el movimiento de la cámara	1 día
6	Importación y configuración de modelos 3D a la escena	4 días

7	Implementación de las características físicas de los objetos	1 día
8	Implementación del movimiento de primera persona del objeto a la cámara de la escena	1 día
	<b>Fuente. Propia</b>	<b>Total: 11 días</b>

**Fuente. Propia**

**Tabla 32.** Tarea 1 de historia de usuario 5

<b>TAREA</b>	
Número: <b>1</b>	Número de historia: <b>5</b>
Nombre: <b>Importación del SDK Google cardboard</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>08-01-18</b>	Fecha de fin: <b>08-01-18</b>
Descripción: <b>El programador importará el SDK Google cardboard.</b>	

**Fuente. Propia**

**Tabla 33.** Tarea 2 de historia de usuario 5

<b>TAREA</b>	
Número: <b>2</b>	Número de historia: <b>5</b>
Nombre: <b>Configuración del SDK Google cardboard</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>09-01-18</b>	Fecha de fin: <b>09-01-18</b>
Descripción: <b>El programador configurará el SDK Google cardboard.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 34.** Tarea 3 de historia de usuario 5

<b>TAREA</b>	
Número: <b>3</b>	Número de historia: <b>5</b>
Nombre: <b>Programación de un scrip para movimiento en primera persona</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>10-01-18</b>	Fecha de fin: <b>10-01-18</b>
Descripción: <b>Se realizará la programación de un escrip que permita el movimiento en primera persona.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 35.** Tarea 4 de historia de usuario 5

<b>TAREA</b>	
Número: <b>4</b>	Número de historia: <b>5</b>
Nombre: <b>Configuración de cámara de la escena de realidad virtual</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>11-01-18</b>	Fecha de fin: <b>11-01-18</b>
Descripción: <b>Se configurará la cámara para permitir la visualización de los objetos 3D.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 36.** Tarea 5 de historia de usuario 5

<b>TAREA</b>	
Número: <b>5</b>	Número de historia: <b>5</b>
Nombre: <b>Implementación de scrip para el movimiento de la cámara</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>12-01-18</b>	Fecha de fin: <b>12-01-18</b>
Descripción: <b>Se implementará un scrip contemplando las físicas de UNITY.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 37.** Tarea 6 de historia de usuario 5

<b>TAREA</b>	
Número: <b>6</b>	Número de historia: <b>5</b>
Nombre: <b>Importación y configuración de modelos 3D a la escena</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>13-01-18</b>	Fecha de fin: <b>16-01-18</b>
Descripción: <b>Se importan y configuran los modelos 3D para la realidad virtual.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 38.** Tarea 7 de historia de usuario 5

<b>TAREA</b>	
Número: <b>7</b>	Número de historia: <b>5</b>
Nombre: <b>Implementación de las características físicas de los objetos</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>17-01-18</b>	Fecha de fin: <b>17-01-18</b>
Descripción: <b>Se implementarán características físicas de los objetos, con la finalidad de obtener mayor realismo dentro de la escena.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 39.** Tarea 8 de historia de usuario 5

<b>TAREA</b>	
Número: <b>8</b>	Número de historia: <b>5</b>
Nombre: <b>Implementación del movimiento de primera persona del objeto a la cámara de la escena</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>18-01-18</b>	Fecha de fin: <b>18-01-18</b>
Descripción: <b>Se implementará el movimiento en primera persona, con la finalidad de que se efectuó el recorrido virtual.</b>	

Fuente. Propia

- **Elaboración de la realidad aumentada**

**Tabla 40.** Cronograma elaboración realidad aumentada

<b>Historia 6: Elaboración de la realidad aumentada</b>		
<b>Número</b>	<b>Nombre</b>	<b>Tiempo estimado</b>
<b>1</b>	Importación del pluging Vuforia	1 día
<b>2</b>	Configuración del pluging Vuforia	1 día
<b>3</b>	Configuración de cámara de la escena de realidad aumentada	3 días

<b>4</b>	Implementación de scrip de reconocimiento de objetos	2 días
<b>5</b>	Importación y configuración de modelos 3D a la escena	4 días
<b>6</b>	Implementación de las características físicas de los objetos	1 día
		<b>Total: 12 días</b>

Fuente. Propia

**Tabla 41.** Tarea 1 de historia de usuario 6

<b>TAREA</b>	
Número: <b>1</b>	Número de historia: <b>6</b>
Nombre: <b>Importación del plugging Vuforia</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>19-01-18</b>	Fecha de fin: <b>19-01-18</b>
Descripción: <b>El programador importará el plugging Vuforia.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 42.** Tarea 2 de historia de usuario 6

<b>TAREA</b>	
Número: <b>2</b>	Número de historia: <b>6</b>
Nombre: <b>Configuración del plugging Vuforia</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>20-01-18</b>	Fecha de fin: <b>20-01-18</b>
Descripción: <b>El programador configurará el plugging Vuforia.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 43.** Tarea 3 de historia de usuario 6

<b>TAREA</b>	
Número: <b>3</b>	Número de historia: <b>6</b>
Nombre: <b>Configuración de cámara de la escena de realidad aumentada</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>21-01-18</b>	Fecha de fin: <b>23-01-18</b>
Descripción: <b>Se realizará la configuración de la cámara, para detectar marcadores de plugging.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 44.** Tarea 4 de historia de usuario 6

<b>TAREA</b>	
Número: <b>4</b>	Número de historia: <b>6</b>
Nombre: <b>Implementación de scrip de reconocimiento de objetos</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>24-01-18</b>	Fecha de fin: <b>25-01-18</b>
Descripción: <b>Se implementará un scrip de reconocimiento de objetos para la detección de realidad aumentada.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 45.** Tarea 5 de historia de usuario 6

<b>TAREA</b>	
Número: <b>5</b>	Número de historia: <b>6</b>
Nombre: <b>Importación y configuración de modelos 3D a la escena</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>26-01-18</b>	Fecha de fin: <b>29-01-18</b>
Descripción: <b>Se importará y configuraran los modelos 3D para la realidad aumentada.</b>	

Fuente. Propia

**Tabla 46.** Tarea 6 de historia de usuario 6

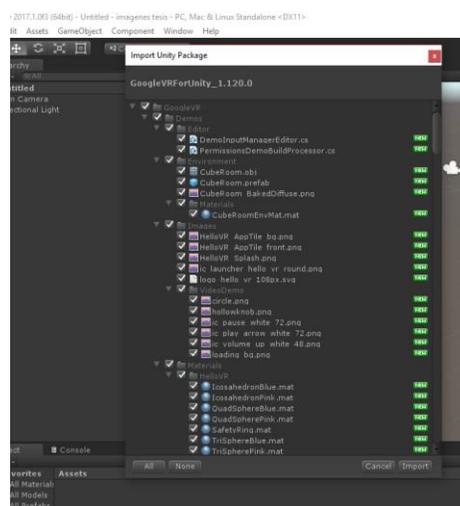
TAREA	
Número: <b>6</b>	Número de historia: <b>6</b>
Nombre: <b>Implementación de las características físicas de los objetos</b>	
Tipo de tarea: <b>Programación</b>	Puntos estimados: <b>5</b>
Fecha de inicio: <b>30-01-18</b>	Fecha de fin: <b>30-01-18</b>
Descripción: <b>Se implementan características físicas a los objetos con la finalidad de mejorar su apreciación dentro de la realidad aumentada.</b>	

Fuente. Propia

### 3.4.2 Desarrollo de la Iteración 3

#### Historia 5: Elaboración de la realidad virtual

Se importa del SDK Google cardboard a los assets de UNITY



**Figura 16.** Importación de SDK.

Fuente: Propia

Se configura el SDK Google cardboard para el reconocimiento de escenas virtuales

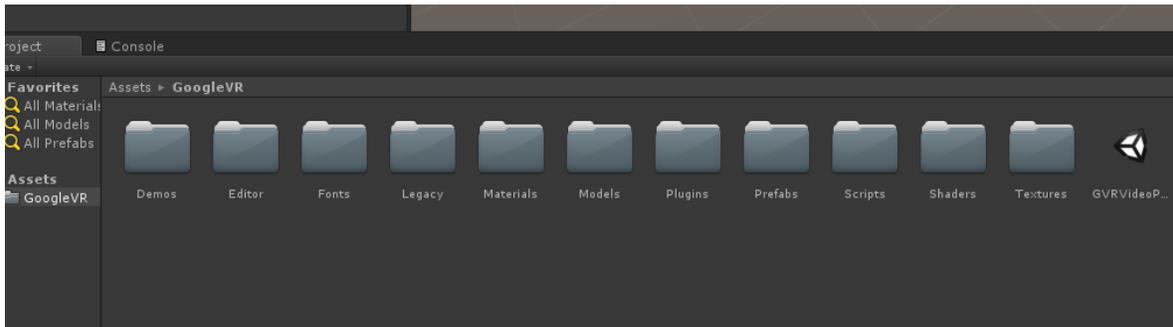


Figura 17. Configuración de SDK Cardboard.

Fuente: Propia

Se realiza la programación de un scrip para movimiento en primera persona

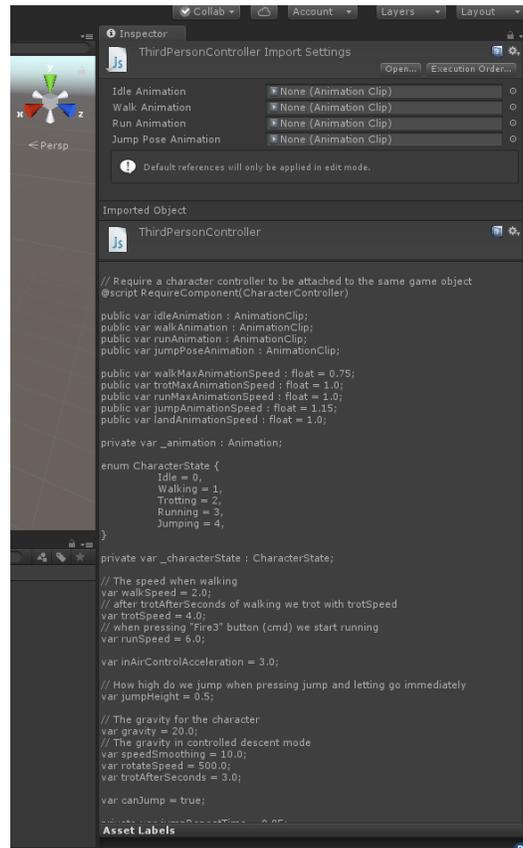
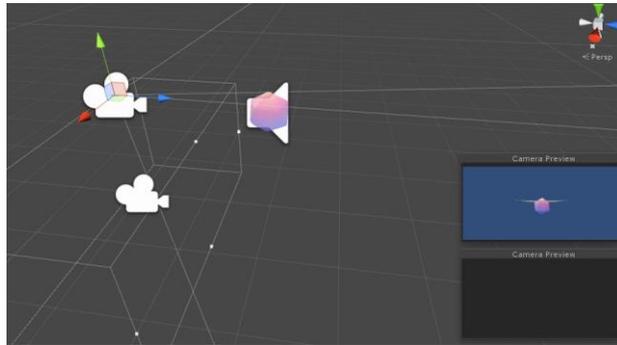


Figura 18. Programación de scrip de movimiento.

Fuente: Propia

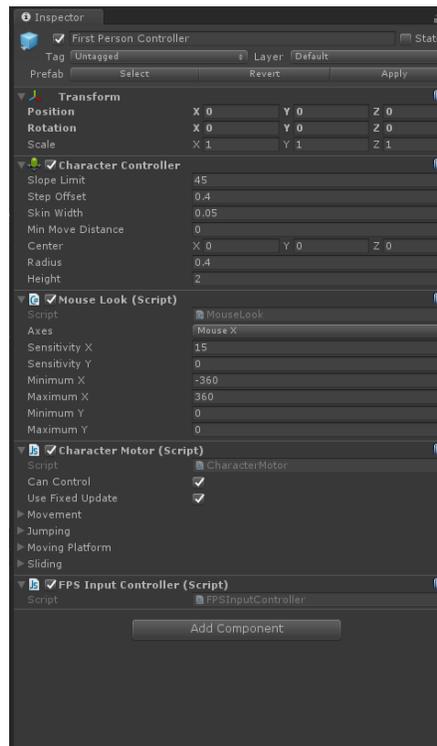
Se configura la cámara de la escena de realidad virtual para visualizar los objetos 3D dentro de la escena virtual



**Figura 19.** Configuración de cámara.

**Fuente:** Propia

Implementación de scrip para el movimiento de la cámara en la escena de realidad virtual utilizando las físicas de UNITY



**Figura 20.** Implementación de scrip.

**Fuente:** Propia

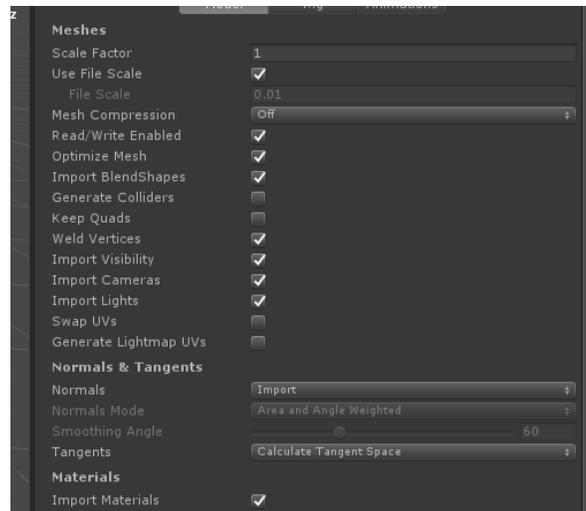
Se Importan y configuran modelos 3D dentro de la escena de realidad virtual



**Figura 21.** Configuración de modelos 3D en Unity.

**Fuente:** Propia

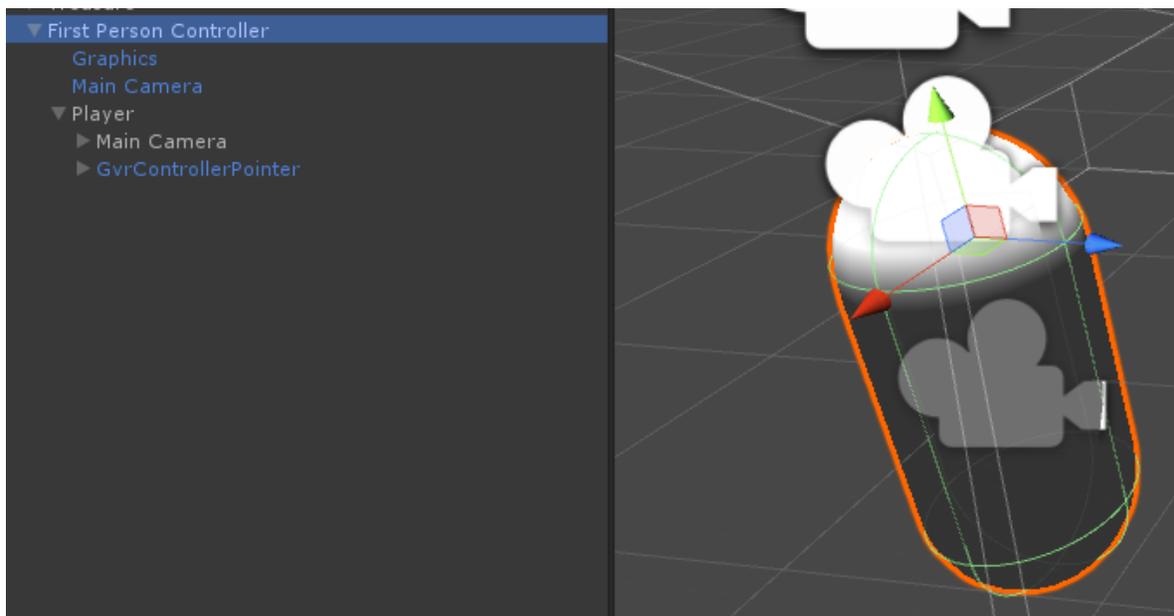
Se Implementan las características físicas de los objetos para darles realismo y mejorar el movimiento dentro de la escena virtual



**Figura 22.** Implementación de características físicas.

**Fuente:** Propia

Se Implementa el movimiento de primera persona del objeto a la cámara de la escena, para poder realizar el recorrido virtual



**Figura 23.** Implementación del control de movimiento

**Fuente:** Propia

## Historia 6: Elaboración de la realidad aumentada

Importación del plugging Vuforia a los assents de UNITY

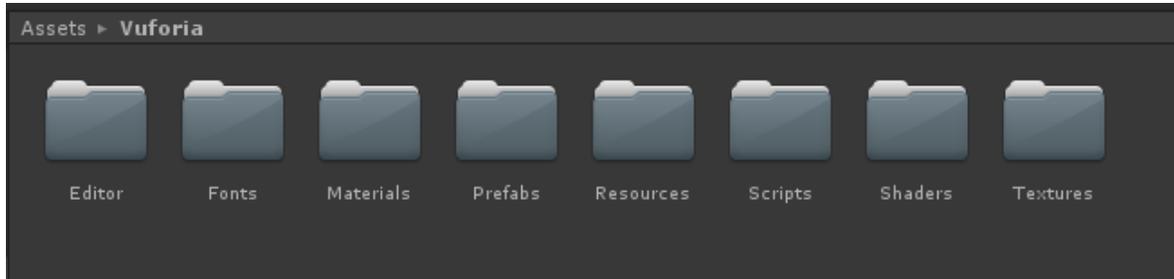


Figura 24. Importación de Vuforia a Unity.

Fuente: Propia

Configuración de los aspectos principales para la utilización del plugin Vuforia

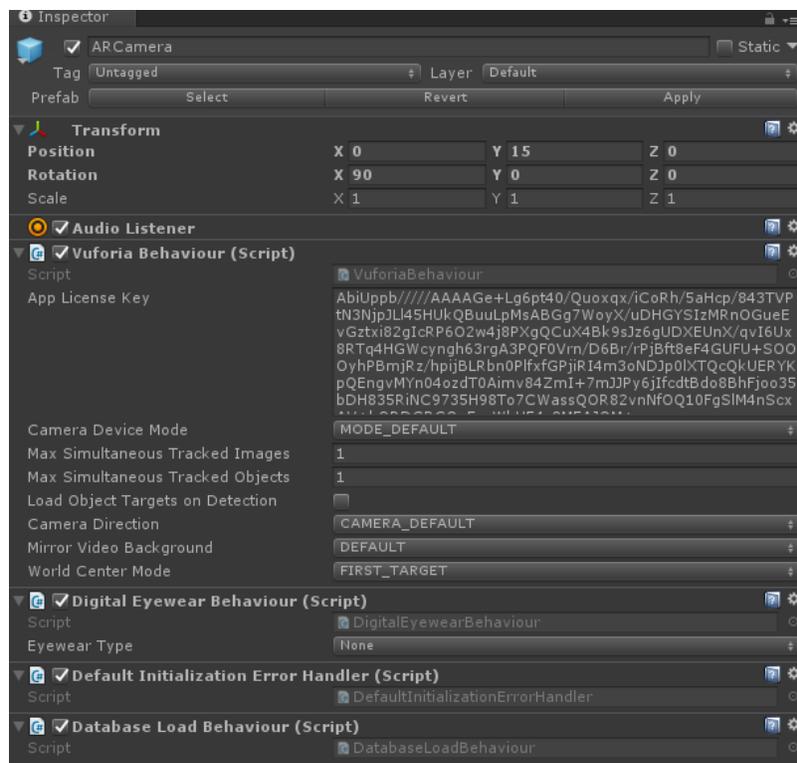
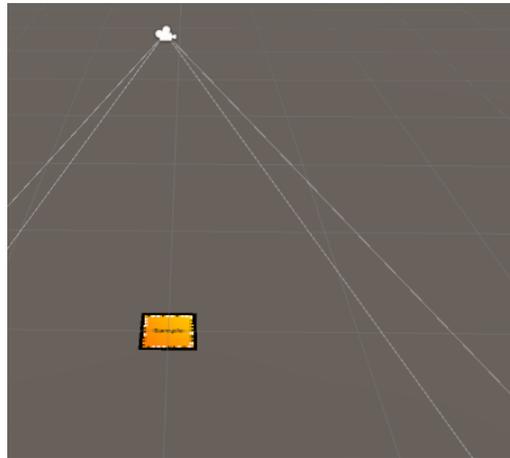


Figura 25. Configuración de Vuforia.

Fuente: Propia

Se Configurar4 la escena y la c4mara, para la detecci3n de marcadores del plugin de realidad aumentada



**Figura 26.** Configuraci3n de c4mara para realidad aumentada.

**Fuente:** Propia

Se configurar4 el scrip de la librer4a de Vuforia, para la detecci3n de realidad aumentada

```

Inspector
AndroidUnityPlayer Import Settings
Open... Execution Order...
! No MonoBehaviour scripts in the file, or their names do not match the file name.
Imported Object
AndroidUnityPlayer
=====
Copyright (c) 2016 PTC Inc.
Copyright (c) 2015-2014 Qualcomm Connected Experiences, Inc.
All Rights Reserved.
Confidential and Proprietary - Protected under copyright and other laws.
=====
using System;
using UnityEngine;

namespace Vuforia
{
    /// <summary>
    /// This class encapsulates functionality to detect various surface events
    /// (size, orientation changed) and delegate this to native.
    /// These are used by Unity Extension code and should usually not be called by app code.
    /// </summary>
    class AndroidUnityPlayer : MonoBehaviour
    {
        // The Activity orientation is sometimes not correct when triggered immediately after the
        // orientation change is
        // reported in Unity.
        // querying for the next 20 frames seems to yield the correct orientation eventually across all
        // devices.
        private const int NUM_FRAMES_TO_QUERY_ORIENTATION = 25;
        private const int JAVA_ORIENTATION_CHECK_FRM_INTERVAL = 60;
        private ScreenOrientation mScreenOrientation = ScreenOrientation.Unknown;
        private ScreenOrientation mJavaScreenOrientation = ScreenOrientation.Unknown;
        private int mFramesSinceLastOrientationReset;
        private int mFramesSinceLastJavaOrientationCheck;

        // AndroidJava resources need to be #if'd in order to allow AoT compilation on iOS
        #if UNITY_ANDROID
        private AndroidJavaObject mCurrentActivity;
        private AndroidJavaClass mJavaOrientationUtility;
        private AndroidJavaClass mVuforiaInitializer;
        #endif

        #region PUBLIC_METHODS
        /// <summary>
        /// Loads native plugin libraries on platforms where this is explicitly required.
        /// </summary>
        public void LoadNativeLibraries()
        {
            LoadNativeLibrariesFromJava();
        }

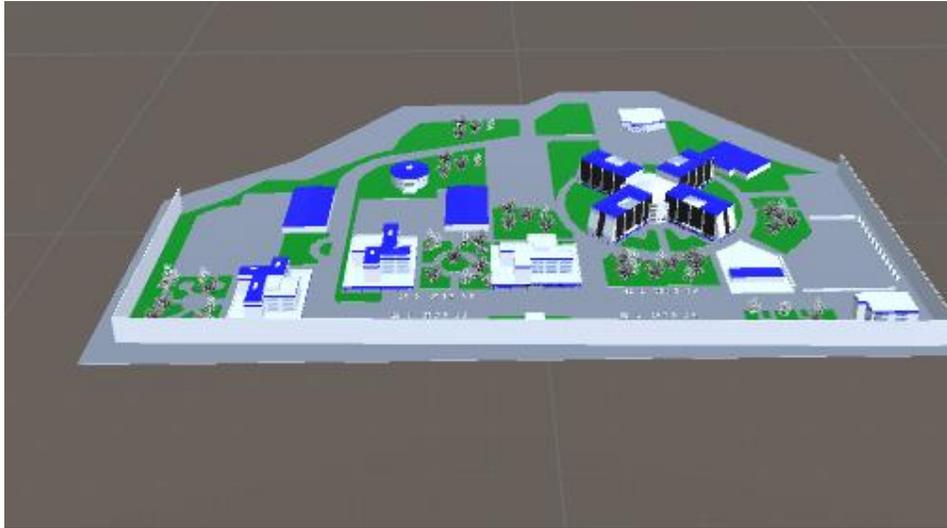
        /// <summary>
        /// Initialized platform specific settings
        /// </summary>
        public void InitializePlatform()
        #endif
    }
}
Asset Labels

```

**Figura 27.** Configuraci3n de scrip de Vuforia.

**Fuente:** Propia

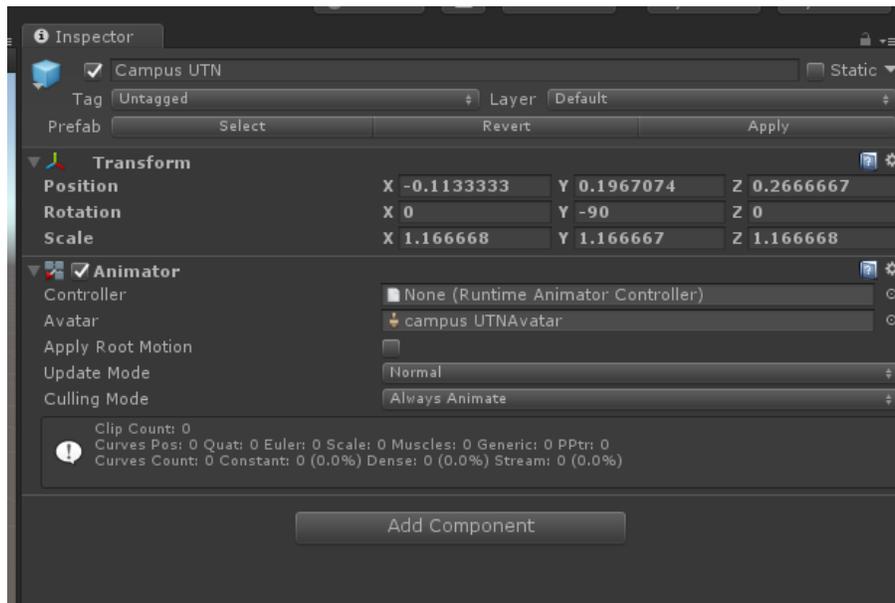
Se importan y configuran modelos 3D dentro de la escena de realidad aumentada



**Figura 28.** Importación y configuración de modelos 3D.

**Fuente:** Propia

Se Implementan las características físicas de los objetos para mejorar la apreciación de realidad aumentada.



**Figura 29.** Implementación de características físicas de los objetos.

**Fuente:** Propia

### 3.4.3 Pruebas de Iteración 3

- Se verificará el correcto funcionamiento de la escena virtual
- Se verificará el adecuado funcionamiento de la cámara dentro de la escena virtual
- Se verificará el control de movimiento del usuario dentro de la escena virtual
- Se verificará el correcto funcionamiento de los controles dentro de la escena
- Se revisa la interacción de los movimientos físicos dentro de la escena
- Se verifica el correcto posicionamiento de la cámara para la detección de la realidad aumentada
- Se verifica la detección de marcadores
- Se verifica que los marcadores contengan el objeto 3D asignado
- Se verifica si se muestran los objetos en la escena de realidad virtual



## Capítulo IV

### 4.1 Conclusiones

Las aplicaciones con realidad virtual y realidad aumentada permiten una nueva manera de realizar visitas virtuales a edificaciones arquitectónicas, logrando que el usuario tenga una experiencia mucho más interactiva.

La aplicación de las tecnologías de realidad aumentada y realidad virtual permiten al usuario tener una mayor inmersividad en la interacción del usuario con los objetos virtuales utilizados en la presentación de edificaciones arquitectónicas.

La aplicación de las tecnologías de realidad virtual y aumentada para la presentación de edificaciones arquitectónicas permite al usuario tener una mejor apreciación, explorando los detalles de los ambientes virtuales creados.

La realidad virtual aplicada en la presentación de edificaciones arquitectónicas, permite al usuario interactuar con el modelo en 3D, evitando los medios tradicionales exclusivos de visualización estática, en los cuales, el usuario no tiene control de la escena y solo observa un video.

La realidad aumentada puede ser apreciada como una nueva tecnología para la presentación de objetos virtuales, como parte del medio ambiente del usuario, permitiendo la visualización de edificaciones arquitectónicas.

La realidad aumentada contribuye al reemplazo de métodos tradicionales en torno a presentaciones de edificaciones arquitectónicas, reemplazando la utilización de maquetas o

videos, por recorridos donde el usuario tiene mayor control sobre la escena y los objetos 3D como parte del medio virtual.

Con la aplicación de tecnologías de realidad aumentada, se puede generar medios digitales de presentación de edificaciones arquitectónicas, introduciendo objetos virtuales dentro del ambiente real que percibe el usuario.

Con la elaboración de modelos 3D de edificaciones arquitectónicas, se puede presentar al usuario objetos mucho más apegados a la realidad, logrando que el usuario tenga una mejor apreciación de la edificación arquitectónica.

Los modelos 3D puede ser utilizados para presentar edificaciones que aún no han sido construidas, así como también son una forma de presentación de construcciones que ya no existen.

## **4.2 Recomendaciones**

Se sugiere que esta tecnología sea aplicada por la UTN como manera de presentación de su campus universitario.

Se sugiere que la aplicación se constituya en una herramienta de presentación de edificaciones arquitectónicas por otros profesionales que tengan la necesidad de presentar objetos reales y que pueden ser convertidos en objetos virtuales para la presentación a los usuarios.

Las aplicaciones de las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada no solo pueden ser aplicadas como alternativa a los recorridos estáticos de edificaciones arquitectónicas, sino que estas tecnologías pueden ser aplicadas en otras áreas, como en

educación como una forma de visualización de objetos virtuales que ayuden al desarrollo del aprendizaje.

Se recomienda la actualización de los planos de la universidad técnica del norte y su inventario de edificaciones a escalas correctas, con medidas y en un formato adecuado para su presentación.

### Referencias Bibliográficas

- López (2010). *Análisis y desarrollo de sistemas de realidad aumentada*
- Fernández, González & Remis (2012). *De la realidad virtual a la realidad aumentada*
- Quintero, Sierra & Sarmiento (2008). *Diseño de un prototipo de sistema de realidad virtual inmersivo*
- Armijos (2016). *Elaboración de libro y api con realidad aumentada, utilizando técnicas de hci*
- Brunet (2016). *Introducción a la Realidad Virtual*
- Almeida (2016). *Recovity, juego con realidad aumentada tangible basada en interfaces mixtas físico-virtual sobre elementos de juego no convencionales.*
- Redondo, Sánchez, Moya & Regot (2012). *La ciudad como aula digital. Enseñando urbanismo y arquitectura mediante mobile learning y la realidad aumentada. Un estudio de viabilidad y de caso*
- Heras & Villarreal (2004). *La realidad aumentada: una tecnología en espera de usuarios*
- Escartín (2000). *La realidad virtual, una tecnología educativa a nuestro alcance*
- Gutiérrez & Hernández (2003). *Potencial de la Realidad Virtual en el ámbito del Patrimonio.*
- Levis (2006). *¿Qué es la realidad virtual?*

Basogain, Olabe, Espinosa, Rouèche & Olabe (2007). *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*

Prendes (2015). *Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas*

Ruiz (2011). *Realidad aumentada, educación y museos*

Otero & Flores (2011). *Realidad Virtual. Un medio de comunicación de contenidos*

Levis (1997). *Realidad virtual y educación*

Yee, Abásolo, Más & Vénere (2011). *Realidad virtual y realidad aumentada. Interfaces avanzadas.*

Mejía (2012). *REALIDAD VIRTUAL, Estado del arte y análisis crítico*

Estebanell, M., Ferrés, J., Cornellà, P. y Codina, D. (2012). *Tendencias emergentes en educación con TIC*

QualComm, Vuforia (2011). Recuperado de:

<http://www.qualcomm.com/solutions/augmented-reality>

Departamento de construcciones UTN (2018). *Inventario de edificaciones 2018*