

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS



TESIS

**“APLICATIVO MÓVIL DE REALIDAD AUMENTADA PARA
MEJORAR EL PROCESO DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA DE SISTEMAS**

**ELABORADO POR
CYNTHIA YACEL FUERTES PANIZO**

**ASESOR
Mg. JUAN CARLOS SOTELO VILLENA**

LIMA – PERÚ

2017

RESUMEN

En la presente tesis se desarrolla un aplicativo móvil de realidad aumentada con el fin de crear una herramienta de apoyo para la mejora del proceso de enseñanza – aprendizaje. La necesidad de desarrollar un aplicativo orientado a la educación nace ante la exigencia de mejorar el sistema educativo peruano y acortar la brecha tecnológica existente entre los países desarrollados y en vías de desarrollo, como el Perú. El nombre asignado al aplicativo móvil de realidad aumentada es AUREDU (Augmented Reality in Education o Realidad Aumentada en la Educación, en español). Para el desarrollo de AUREDU se utiliza cuatro herramientas: Autodesk Maya (software de gráficos de computadora), Unity (software de motor de juegos), MonoDevelop (entorno de desarrollo integrado) y Vuforia (kit de desarrollo de software de realidad aumentada). AUREDU es desplegado en el sistema operativo Android. La validación de AUREDU se realizó con un grupo de control, alumnos de segundo grado de educación primaria, obteniendo resultados positivos: aumento del rendimiento académico del 15% y una aceptación del 3.6 sobre 4.

Palabras claves: Proceso de enseñanza – aprendizaje, realidad aumentada, gráficos por computadora y motor de juegos.

ABSTRACT

This thesis develops a mobile augmented reality application in order to create a support tool for the improvement of the teaching - learning process. An application oriented to education is developed in response to the demand to improve the education system and to bridge the technology gap between developed and developing countries, such as Peru. The name assigned to the augmented reality mobile application is AUREDU (Augmented Reality in Education). For the development of AUREDU, four tools are used: Autodesk Maya (computer graphics), Unity (game engine), MonoDevelop (integrated development environment) and Vuforia (augmented reality software development kit). AUREDU is deployed on the Android operating system. The validation of AUREDU was done with a control group, students of second grade of elementary school, getting positive results: increase in academic performance of 15% and an acceptance of 3.6 over 4.

Key words: Teaching - learning process, augmented reality, computer graphics and game engine.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
PRÓLOGO	iv
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción de la problemática	1
1.2 Formulación del problema	7
1.3 Justificación	7
1.4 Alcance	9
1.5 Objetivos	9
1.5.1 Objetivo general	9
1.5.2 Objetivos específicos	10
1.6 Hipótesis	10
1.6.1 Hipótesis general	10
1.6.2 Hipótesis específicas	10
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	11
2.1 Antecedentes	11
2.2 Proceso de enseñanza – aprendizaje	15

2.2.1	Definición	15
2.2.2	Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la educación	21
2.3	Computer graphics	23
2.3.1	Definición	23
2.3.2	Historia de Computer Graphics	27
2.3.3	Componentes	28
2.3.4	Ventajas	29
2.3.5	Desventajas	29
2.3.6	Aplicaciones	30
2.3.7	Etapas para la producción de una imagen	32
2.3.8	Computer Graphics Softwares	36
2.4	Realidad aumentada.....	42
2.4.1	Definición	42
2.4.2	Aplicaciones de Realidad Aumentada.....	45
2.4.3	Herramientas de desarrollo de Realidad Aumentada.....	48
CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y DISEÑO DE AUREDU.....		59
3.1	Selección del sistema operativo móvil	59
3.1.1	Participación de mercado de sistemas operativos móviles	59
3.1.2	Decisión del sistema operativo móvil a usar	62
3.2	Selección de las herramientas a usar en el desarrollo de AUREDU.....	62
3.2.1	Selección de la herramienta de modelado 3D.....	64
3.2.2	Selección de la herramienta Game Engine	80
3.2.3	Selección de la herramienta IDE	89
3.2.4	Selección de la herramienta Augmented Reality SDK	96
3.3	Análisis de los requisitos de AUREDU.....	102

3.3.1	Requisitos funcionales	102
3.3.2	Requisitos no funcionales	103
3.4	Diseño de las interfaces de AUREDUC.....	103
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE AUREDUC		108
4.1	Imagen de reconocimiento.....	108
4.2	Desarrollo de los modelos 3D.....	109
4.3	Desarrollo del prototipo.....	123
CAPÍTULO V: VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		163
5.1	Características del grupo de control	163
5.2	Validaciones de las hipótesis específicas	166
5.3	Contrastación de las hipótesis específicas	178
CONCLUSIONES		187
RECOMENDACIONES.....		188
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		189
ANEXOS.....		203
Anexo 1:	Hardwares recomendados para 3ds Max.....	204
Anexo 2:	Hardwares recomendados para Maya	206
Anexo 3:	Examen del Sistema Digestivo.....	207
Anexo 4:	Cuestionario	209

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Posición de Perú en los doce pilares del ranking de competitividad mundial	4
Tabla 2: Cuota de mercado mundial (%) de los sistemas operativos móviles por trimestre	60
Tabla 3: Cuota de mercado mundial (%) de Android e iOS por trimestre	61
Tabla 4: Tabla de valoración.....	64
Tabla 5: Resultados de Google Trends de la semana del 27 de setiembre al 3 de octubre del 2015	72
Tabla 6: Características de los softwares de modelado 3D	73
Tabla 7: Matriz de confrontación de softwares de modelado 3D	75
Tabla 8: Detalle de valoración de las características a evaluar para escoger la herramienta 3D computer graphics	76
Tabla 9: Matriz de evaluación de 3D computer graphics softwares	77
Tabla 10: Resultados de Google Trends de la semana del 30 de Agosto al 5 de Setiembre del 2015	85
Tabla 11: Características de los Game Engine softwares	86
Tabla 12: Matriz de confrontación de softwares de modelado 3D	87
Tabla 13: Detalle de valoración de las características a evaluar para escoger la herramienta Game Engine	88
Tabla 14: Matriz de evaluación de los game engine softwares.....	89
Tabla 15: Resultados de Google Trends de la semana del 24 de enero al 30 de enero del 2016	93
Tabla 16: Características de los IDE.....	94
Tabla 17: Matriz de confrontación de IDE softwares.....	94
Tabla 18: Detalle de la valoración de las características a evaluar para escoger la herramienta IDE	95
Tabla 19: Matriz de evaluación de los Game Engine softwares.....	96

Tabla 20: Resultados de Google Trends de la semana del 24 de abril del 2016 al 30 de abril del 2016.....	101
Tabla 21: Características de los Augmented Reality SDK softwares.....	102
Tabla 22: Características del grupo de control.....	164
Tabla 23: Resultados de la evaluación académica al grupo de control antes del uso de AUREDU	167
Tabla 24: Resultados de la evaluación académica al grupo de control después del uso de AUREDU	169
Tabla 25: Variación de notas antes y después de AUREDU	172
Tabla 26: Porcentaje de preguntas respondidas correctamente antes y después de AUREDU	173
Tabla 27: Alternativas con su respectivo puntaje.....	174
Tabla 28: Resultados de la validación cualitativa al grupo de control después del uso de AUREDU	175
Tabla 29: Resultados de las preguntas de la validación cualitativa de AUREDU.....	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Resultados y evolución del puntaje en las pruebas PISA 2015	2
Figura 2: Aplicación de realidad aumentada	6
Figura 3: Alumna de Ashiro Elementary School (Japón) utilizando una aplicación móvil de realidad aumentada en sus clases de inglés ...	8
Figura 4: Arquitectura del sistema planteada en Service Oriented Architecture to Support Mexican Secondary Education through Mobile Augmented Reality	13
Figura 5: Componentes de la enseñanza según Posner	17
Figura 6: Temas relativos a los procesos de enseñanza – aprendizaje.....	18
Figura 7: Aspectos a considerar para para lograr una enseñanza efectiva .	20
Figura 8: Características del aprendizaje con las TIC.....	22
Figura 9: Computer Graphics as the sum of data structures, graphics algorithm and languages.....	24
Figura 10: Carro real de juguete	26
Figura 11: Carro de juguete en la pantalla de una tablet	26
Figura 12: Breve historia de computer graphics.....	27
Figura 13: Componentes de computer graphics	28
Figura 14: Etapa de Modelado en el Canal de Gráficos	33
Figura 15: Etapa de Renderizado en el Canal de Gráficos	34
Figura 16: Etapa de Visualización en el Canal de Gráficos	35
Figura 17: Esquema de Virtuality Continuum.....	42
Figura 18: Escritorio real con una lámpara virtual y dos sillas virtuales	43
Figura 19: Esquema general del concepto de realidad aumentada	44
Figura 20: Elementos de realidad aumentada	45
Figura 21: Aplicación de realidad aumentada en procesos de mantenimiento	48
Figura 22: Cuota de mercado mundial (%) de los sistemas operativos móviles por trimestre	61

Figura 23: Resultados a nivel mundial de Google Trends de los términos 3D computer graphics, LightWave3D, Blender, Autodesk 3ds Max y Autodesk Maya	68
Figura 24: Resultados en Perú de Google Trends de los términos 3D computer graphics, LightWave3D, Blender, Autodesk 3ds Max y Autodesk Maya	69
Figura 25: Resultados a nivel mundial de Google Trends de los términos 3D computer graphics, Cinema 4D, Autodesk Softimage, ZBrush y Mudox	70
Figura 26: Resultados en Perú de Google Trends de los términos 3D computer graphics, Cinema 4D, Autodesk Softimage, ZBrush y Mudox.....	71
Figura 27: Resultados a nivel mundial de Google Trends de los términos Blender, CryEngine, Leadwerks, Unity, Unreal Engine	83
Figura 28: Resultados en Perú de Google Trends de los términos Blender, CryEngine, Leadwerks, Unity, Unreal Engine	84
Figura 29: Resultados a nivel mundial de Google Trends de los términos Monodevelop, SharpDevelop y Visual Studio	91
Figura 30: Resultados en Perú de Google Trends de los términos Monodevelop, SharpDevelop y Visual Studio	92
Figura 31: Resultados a nivel mundial de Google Trends de los términos IN2AR, Metaio, NyARToolKit, Vuforia y Wikitude.....	99
Figura 32: Resultados en el Perú de Google Trends de los términos IN2AR, Metaio, NyARToolKit, Vuforia y Wikitude	100
Figura 33: Menú principal de AUREDUC	104
Figura 34: Menú secundario de AUREDUC	105
Figura 35: Menú del botón girar	106
Figura 36. Ejemplo de la visualización de las definiciones de los órganos del sistema digestivo (elementos de un sistema).	107
Figura 37: Target de AUREDUC	109
Figura 38: Formulario para descargar Autodesk Maya 2015 para Windows 64-bit en el idioma Inglés	110

Figura 39: Datos de la licencia otorgada por Autodesk para el uso del software Maya version 2015.....	111
Figura 40: Autodesk Maya 2015	112
Figura 41: Modelado 3D del hígado	113
Figura 42: Modelado 3D del intestino delgado, estómago, esófago, la faringe y la boca.....	114
Figura 43: Modelado 3D del intestino grueso y el ano	114
Figura 44: Modelado 3D del páncreas	115
Figura 45: Modelo 3D del sistema digestivo	116
Figura 46: Vista de espalda del modelo 3D del sistema digestivo	116
Figura 47: Modelo 3D del corazón	117
Figura 48: Parte superior del modelo 3D del sistema circulatorio	117
Figura 49: Parte inferior del modelo 3D del sistema circulatorio.....	118
Figura 50: Modelo 3D, completo, del sistema circulatorio	118
Figura 51: Vista superior del Sistema Digestivo integrado al Sistema Circulatorio	119
Figura 52: Vista inferior del Sistema Digestivo integrado al Sistema Circulatorio	120
Figura 53: Vista completa del Sistema Digestivo integrado al Sistema Circulatorio	121
Figura 54: Seleccionar la opción de Exportar en Autodesk Maya.....	122
Figura 55: Exportación del modelo 3D de Autodesk Maya a Unity	123
Figura 56: Archivos del modelado 3D de los modelos de AUREDU	123
Figura 57: Instalación de Unity y Monodevelop	124
Figura 58: Creación de una cuenta en Unity.....	125
Figura 59 Cuenta creada en Unity	126
Figura 60: Registro de la cuenta de Unity	127
Figura 61: Creación de un nuevo proyecto llamado AUREDU.....	127
Figura 62: Ventana de Unity del nuevo proyecto creado, proyecto AUREDU	128
Figura 63: Creación de una cuenta en Vuforia.....	129
Figura 64: Logeo en Vuforia	130

Figura 65: Paquete del SDK de Vuforia para la importación en Unity.....	131
Figura 66: Modelo de sistema digestivo con sistema circulatorio importado desde Autodesk Maya a Unity.....	132
Figura 67: Sistema Digestivo importado desde Autodesk Maya a Unity....	133
Figura 68: Creación de la Base de Datos de AUREDUE en Vuforia.....	134
Figura 69: Base de Datos de AUREDUE	135
Figura 70 Importación de imágenes, de Vuforia a Unity	136
Figura 71: Reconocimiento del sistema digestivo	137
Figura 72: Programando la funcionalidad de mostrar partes de AUREDUE	138
Figura 73: AUREDUE instalado en un celular con sistema operativo Android	139
Figura 74: Menú de AUREDUE.....	140
Figura 75: Menú que aparece cuando AUREDUE reconoce el target.....	141
Figura 76: Animaciones de las opciones del menú despegable	142
Figura 77: Menú con todas con todas las opciones.....	143
Figura 78: Script que reinicia los valores de los parámetros de los elementos de AUREDUE.....	144
Figura 79: Botón "Play" y "180°" en el menú del botón de Girar	145
Figura 80: Boton "Concepto" activado	146
Figura 81: Colliders del sistema digestivo.....	147
Figura 82: Colliders del hígado	148
Figura 83: Script concept	149
Figura 84: Conceptos de los órganos asociados a objetos Text de Unity..	150
Figura 85: Concepto del intestino grueso, visualizado al ser desplegado AUREDUE en un celular	151
Figura 86: Vista desde otra perspectiva del modelo 3D de AUREDUE al activar el botón ►	152
Figura 87: Componente "Clic to move"	153
Figura 88: Modelo 3D con un giro de 180°	154
Figura 89: Componentes del modelo 3D de AUREDUE afectados en conjunto por la función del botón "180°"	155

Figura 90. Parte del script que permite la rotación del modelo de AURED.U.	156
Figura 91: Rotación de manera táctil del modelo de AURED.U.....	157
Figura 92: Zoom, realizado de forma táctil, al modelo 3D de AURED.U.....	158
Figura 93: Traslación del modelo 3D de AURED.U	159
Figura 94: Sistema digestivo con etiquetas de sus componentes	160
Figura 95: Sistema circulatorio en conjunto al sistema digestivo	161
Figura 96: AURED.U permite ver desde distintas perspectivas el modelo .	162
Figura 97: Grupo de control con los que se validó AURED.U.....	165
Figura 98: Grupo de estudiantes utilizando AURED.U	165
Figura 99: Hoja de trabajo de Minitab	179
Figura 100: Probabilidad de que las notas antes de AURED.U tengan una distribución normal con el 95% de nivel de confianza.....	180
Figura 101: Histograma de las notas antes de AURED.U	181
Figura 102: Probabilidad de que las notas después de AURED.U tengan una distribución normal con el 95% de nivel de confianza.....	182
Figura 103: Histograma de las notas después de AURED.U.....	183
Figura 104: Prueba de dos muestras.....	184
Figura 105: Resultados de la prueba de dos muestras.....	185
Figura 106: Rango de la posibilidad de aceptación de AURED.U	186
Figura 107: Formulario de Autodesk para encontrar las recomendaciones de los hardwares compatibles con sus productos.....	204
Figura 108: Formulario completo para mostrar recomendaciones de hardwares compatibles con Autodesk 3DS Max.....	205
Figura 109: Formulario completo para mostrar recomendaciones de hardwares compatibles con Autodesk Maya.....	206

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En “Planteamiento de la investigación”; primero, se describirá y formulará el problema que la presente tesis busca solucionar; segundo, se plasmará los objetivos que se tendrán a lo largo de su desarrollo y por último se planteará la hipótesis.

1.1 Descripción de la problemática

PISA – Programme for International Student Assessment por sus siglas en inglés, o Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos en español – es un proyecto de la OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development; u Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, en español – tiene por objetivo evaluar hasta qué punto los alumnos cercanos al final de la educación obligatoria han adquirido algunos de los conocimientos y habilidades necesarios para la participación plena en la sociedad del saber. Las pruebas de PISA son aplicadas cada tres años; examinan el rendimiento de alumnos de 15 años en tres áreas temáticas: lectura, matemáticas y ciencias (OECD, 2007).

La última vez que se tomaron las pruebas PISA fueron en el 2015, del 17 de agosto al 18 de setiembre, donde 6971 estudiantes peruanos fueron evaluados, pertenecientes a 281 instituciones educativas, de los cuales el

71% eran instituciones públicas; todas las instituciones participantes fueron seleccionadas por la propia OECD (El Comercio, 2016).

Cabe mencionar que en las pruebas PISA 2012, Perú obtuvo el último lugar en las tres temáticas evaluadas (lectura, matemáticas y ciencias). Como se observa en la figura 1, en los resultados de las pruebas PISA 2015, Perú mejoró su puntaje logrando salir del último puesto en todas las categorías; sin embargo, aún se sigue ubicando entre los 10 últimos puestos a nivel mundial, y a nivel regional solo supera a República Dominicana, salvo en la prueba de matemática donde Perú también supera a Brasil.

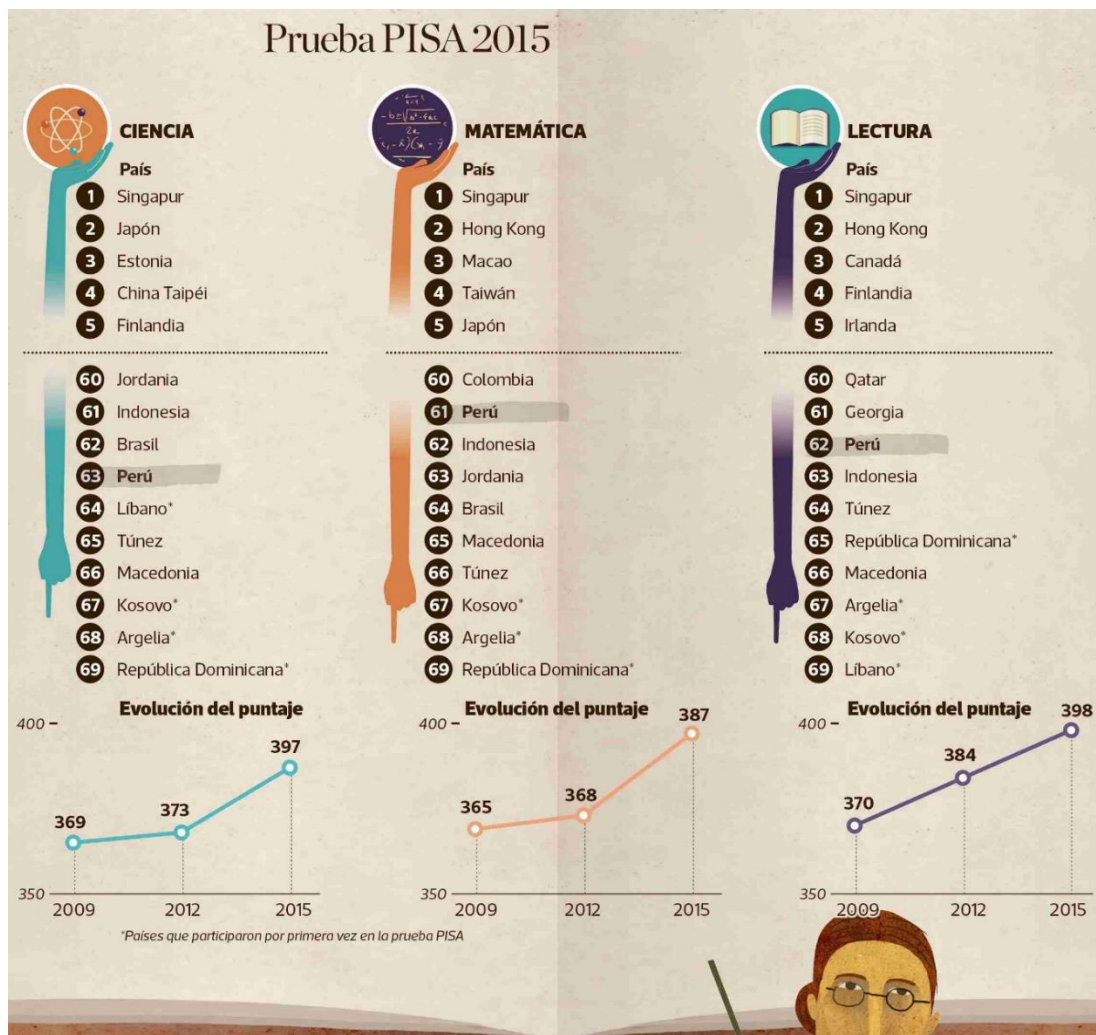


Figura 1: Resultados y evolución del puntaje en las pruebas PISA 2015
Fuente: (El Comercio, 2016)

Como Diana Oblinger manifiesta en *Boomers, Gen-Xers, and Millennials: Understanding the “New Students”* (2003), un componente esencial para facilitar el aprendizaje consiste en conocer a los alumnos; los estilos de aprendizaje, las actitudes y los enfoques de los estudiantes; ya que estos difieren de una generación a otra. Lo que se sabe de los nuevos alumnos es que están influenciados por las tecnologías de información; la tecnología se ha vuelto un elemento natural de su entorno. “Cuanto más joven es el grupo de edad, mayor es el porcentaje de miembros que usan internet para actividades relacionadas con el estudio, el trabajo o el tiempo libre. Esta facilidad para la tecnología a menudo conduce a la percepción de que el uso de la tecnología en los centros de enseñanza es inadecuado. (...) Tal vez, debido al contraste su facilidad para la tecnología y el nivel de facilidad tecnológica de los profesores, muchos alumnos encuentran que el uso de la tecnología en los centros de estudio es decepcionante. (...) Señalan que el uso que hacen sus profesores de la tecnología es poco estimulante. Los alumnos dicen encontrar mejores modos de usar la tecnología que lo que dicen sus profesores. También afirman que (...) el mejor uso de la tecnología es fuera de los centros de estudio” (Oblinger, 2003).

La UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; u Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, en español – manifestó en el 2012 que en las últimas dos décadas muchos gobiernos han adoptado políticas para orientar la incorporación de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) en la educación. Las pocas políticas que se refieren a los dispositivos móviles tienden a prohibir totalmente su uso. “Muchas personas se oponen al aprendizaje móvil porque presumen que los aparatos móviles no pueden ofrecer contenido educativo sólido; si bien este ha sido el pensamiento tradicional, recientemente en muchos países y empresas se ha impulsado la elaboración de recursos digitales y materiales didácticos de alta calidad para dispositivos móviles. En proyectos de gran envergadura en Asia, especialmente en la República de Corea y Singapur se procura utilizar la

tecnología móvil para hacer la educación más personalizada y colaborativa. (...) Como resultado del creciente interés de gobiernos y escuelas, editoriales dedicadas al sector de la educación, incluso empresas multinacionales como Pearson, han comenzado a crear contenido específicamente para dispositivos móviles. Esto no sólo hace más accesible los recursos educativos; las tecnologías móviles, con su amplia gama de funciones multimedia e interactivas, en algunos casos podría ser superiores a los recursos impresos en papel” (UNESCO, 2012).

Tras la caída de 4 puestos de Perú en el ranking de Competitividad Mundial 2015 – 2016, con respecto al ranking de Competitividad Mundial 2014 – 2015, del World Economic Forum (WEF), donde Perú pasó de ubicarse en el puesto 65 de 144 países al puesto a 69 de 140 países; la WEF señaló: “Para diversificar su economía, Perú tendrá que mejorar su sistema educativo y el funcionamiento de sus instituciones, lo cual permitirá una mayor absorción de la tecnología que fomentará la innovación” (El Comercio, 2015). Esta declaración va alineada a los resultados de Perú mostrados en la tabla 1, donde Perú se encuentra en los últimos 30 países en dos de los doce pilares – instituciones e innovación – evaluados para el ranking de competitividad.

Tabla 1: Posición de Perú en los doce pilares del ranking de competitividad mundial

Fuente: (El Comercio, 2015)

		Ranking de competitividad mundial		
Pilares		2015 -2016	2014 - 2015	Variación
1	Instituciones	116	118	+2
2	Infraestructura	89	88	-1
3	Entorno macroeconómico	23	21	-2
4	Salud y educación primaria	100	94	-6

5	Educación superior y capacitación	82	83	+1
6	Eficiencia del mercado de bienes	60	53	-7
7	Eficiencia del mercado laboral	64	51	-13
8	Desarrollo del mercado laboral	30	40	+10
9	Preparación Tecnológica	88	92	+4
10	Tamaño de mercado	48	43	-5
11	Sofisticación empresarial	81	72	-9
12	Innovación	116	117	+1

Una de las tecnologías emergentes es la realidad aumentada, añade información al mundo real combinándolo con el virtual, como se observa en la figura 2. Entre las empresas incursionando en el mercado de esta tecnología en el 2016 encontramos a Sony, Microsoft, Google, Facebook, Apple, entre otras. Según Global Market Insights, las ventas del mercado de realidad aumentada para el 2015 fueron de \$ 570 millones de dólares americanos, y pronostican un crecimiento del 80.8% entre el 2016 y 2024 (Global Market Insights, 2016).

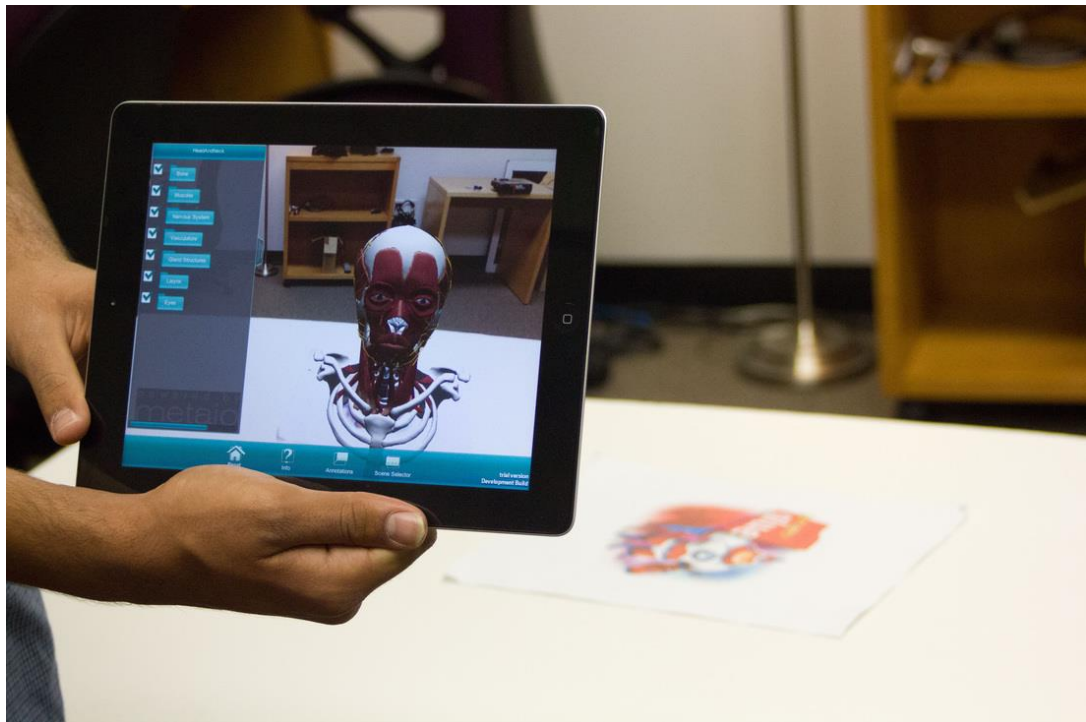


Figura 2: Aplicación de realidad aumentada
Fuente: (Octagon studio, 2016)

La realidad aumentada ayuda a los estudiantes a aprender colocando el contenido del curso en contextos que muestren de cerca situaciones del mundo real; donde nuevo conocimiento puede ser enseñado. Por ejemplo, la realidad aumentada ha sido aplicada para aprender cursos de inglés en Turquía, y cursos de anatomía en EE.UU. e Inglaterra (New Media Consortium, 2016).

Por lo expuesto, se observa que Perú tiene trabajo por hacer para mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje, así como, expandir el uso de tecnologías e incentivar la innovación. Además, como se señala, el uso de dispositivos móviles a nivel mundial está ganando importancia, así como el uso de aplicativos de realidad aumentada; combinándolos se puede brindar una respuesta al problema educativo y de innovación tecnológica que tiene Perú.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo aprovechar la técnica de realidad aumentada como apoyo a la mejora del proceso de enseñanza – aprendizaje?

1.3 Justificación

Como se observa en la figura 1, Perú se encuentra entre los últimos 10 puestos a nivel mundial en las temáticas de Ciencias, Matemáticas y Lectura en las pruebas PISA 2015; así mismo, Perú descendió dos puestos en el Ranking de Competitividad Mundial 2015 – 2016, organizado por el World Economic Forum (WEF), lo que generó las declaraciones del WEF señalando la importancia que Perú debe de dar para mejorar su sistema educativo para una mayor absorción de la tecnología. Los bajos niveles y caídas que Perú tiene en los rankings mundiales, demuestran que hay muchas cosas por hacer en Perú, y una de ellas es mejorar el sistema educativo, sin embargo, este sistema alberga un conjunto de elementos, El presente trabajo de investigación se centrará en una herramienta de apoyo para la mejora del proceso de enseñanza – aprendizaje.

Las tecnologías móviles aparecen bien posicionadas para beneficiar a las escuelas y a los sistemas escolares más pobres, donde escasean las computadoras equipadas con conexiones confiables a Internet; es así que a nivel mundial se han dado grandes proyectos para incorporar las tecnologías móviles en la educación, uno de ellos es Mobile Mathematics (MoMath) en Sudáfrica, en el 2012, el proyecto abarcaba 25000 estudiantes, 500 docentes y 172 escuelas (UNESCO, 2012). Otro proyecto es el Digital Education Project en Corea del Sur, donde Qualcomm Wireless Reach and Digital Textbook Association realizaron un proyecto en el 2015 en Saetbyeol Middle School, este proyecto estuvo alienado a las políticas de iniciativa de educación digital “SMART” del gobierno coreano, se proveyó a 172 estudiantes y 28 profesores con tablets Samsung Galaxy 8.9 & 10.1 para que trabajen en conjunto en las

sesiones de clases para lograr una educación activa en educación digital; hubo un impacto positivo en profesores, estudiantes y padres de familia en la confianza del uso de dispositivos móviles, los profesores manifestaron que el uso de tablets motiva a los alumnos a estudiar (Qualcomm, 2015).

Como se plantea, uno de los roles de la tecnología móvil es ser herramienta de apoyo en el proceso de enseñanza aprendizaje; del mismo modo, una aplicación móvil de realidad aumentada cumple esa función, además busca despertar el interés de los alumnos en el proceso de enseñanza – aprendizaje. A nivel mundial se está desarrollando proyectos donde colegios están implementando el uso de realidad aumentada como herramienta de apoyo en las aulas, por ejemplo, en el 2014, Ashiro Elementary School (Japón) implementó realidad aumentada en sus clases de inglés para que los alumnos tengan un mayor acceso al vocabulario, implementando imágenes y audio; como se observa en la figura 3, los hardwares utilizados por los alumnos fueron tablets y audífonos.



Figura 3: Alumna de Ashiro Elementary School (Japón) utilizando una aplicación móvil de realidad aumentada en sus clases de inglés
Fuente: (Digital Learning Angus, 2017)

Hitoshi Nakagawa, supervisor curricular de Ashiro Elementary School, manifestó que el uso de dispositivos móviles son de gran ayuda porque permiten que los alumnos puedan acceder a información, no solo desde las aulas del colegio, sino desde sus casa o en el lugar donde se encuentren; además señala que eligieron aplicativos de realidad aumentada porque solo lo virtual no es bueno para el classroom learning; Nakagawa, señala que la implementación de un aplicativo móvil de realidad aumentada obtuvo como resultado una mayor fluidez en las conversaciones en inglés, ya que los alumnos mejoraron el vocabulario (Fujitsu Software, 2014). Inverkeilor Primary School (Escocia), es otro colegio que implementó en el 2017 realidad aumentada en sus aulas, los alumnos manifiestan que la historia (con el aplicativo móvil de realidad aumentada) luce más interesante y resulta más atractiva; el aplicativo móvil cuenta con imágenes, audio, video y animaciones virtuales (Digital Learning Angus, 2017).

1.4 Alcance

- El aplicativo móvil de realidad aumentada será desarrollado solo para un sistema operativo.
- El desarrollo de la prueba piloto se realizará con el tema: “Sistema Digestivo” con alumnos de segundo grado de educación primaria.
- El alcance del tiempo del presente trabajo de investigación es de 1 año.
- Se desarrollará solo una validación debido al alcance del tiempo del trabajo de investigación.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Diseñar y desarrollar un aplicativo móvil de realidad aumentada como herramienta de apoyo a la mejora del proceso de enseñanza – aprendizaje.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar características de la técnica de realidad aumentada y del proceso enseñanza – aprendizaje para el diseño del aplicativo.
- Determinar el sistema operativo móvil y las herramientas a usar para el desarrollo del aplicativo móvil de realidad aumentada.
- Diseñar y desarrollar el aplicativo móvil de realidad aumentada para su implementación.
- Validar el aplicativo en un grupo de control para tomar la decisión de aprobar o rechazar las hipótesis específicas planteadas.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

Un aplicativo móvil de realidad aumentada contribuye a la mejora del proceso de enseñanza – aprendizaje.

1.6.2 Hipótesis específicas

- Un aplicativo móvil de realidad aumentada contribuye a la mejora del rendimiento académico de los alumnos.
- Un aplicativo móvil de realidad aumentada es aceptado por los alumnos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

El uso de la realidad aumentada en la educación es una temática que ha llamado la atención a nivel mundial, es por ello que primero se expondrán como antecedentes los trabajos y resultados de diversos investigadores en este rubro. Luego se explicarán en detalle los conceptos de relevancia para el desarrollo del presente trabajo de investigación, como: “proceso enseñanza – aprendizaje”, “computer graphics” y “realidad aumentada”.

2.1 Antecedentes

Nazatul Aini Abd Majid, Hazura Mohammed y Rossilawati Sulaiman, (2010) en su investigación titulada Students' perception of mobile augmented reality applications in learning computer organization; abordan la problemática de cómo ayudar al aprendizaje de los tópicos complejos del curso de “Sistema operativo y organización del ordenador”, correspondiente a la carrera de Computer Science. En el paper se presenta la metodología ADDIE, que consta de 5 fases: analysis (A), design (D), development (D), implementation (I) and evaluation (E). Mediante esta metodología se escogieron 3 herramientas: Eclipse IDE, Metaio SDK y GIMP. Y se planteó una interfaz principal de cinco botones con distintas funciones (presentar un video, información digital con audio, ver una lista de etiquetas con nombres, ver detalles de explicación y presentar un modelo en 3D). El objetivo era facilitar

el aprendizaje de los alumnos. Se realizó una encuesta para validar el nivel de aceptación, donde se obtuvo una aceptación del 4.30 sobre 5.00 (Aini Abd Majid, Mohammed, & Sulaiman, 2015).

Siti Salmi Jamali, Mohd Fairuz Shiratuddin, Kor Wai Wong y Charlotte L. Oskam, (2015) en su investigación titulada Utilising Mobile-Augmented Reality for Learning Human Anatomy; indican que las condiciones de localización y el tiempo son las principales limitantes para el aprendizaje. Los autores realizan una búsqueda de herramientas no clásicas de educación. En el paper se presenta el sistema móvil en Andorid, llamado HuMAR, que está equipado con un panel de control que provee información a detalle del sistema esquelético del cuerpo humano. Además, cuenta con la posibilidad de buscar en la web mayor información. Para el desarrollo del aplicativo se utilizó Unity 3D con Vuforia. Para validar si el aplicativo tuvo influencia positiva en el aprendizaje del alumnado, se evaluó a dos grupos al inicio y fin de un periodo académico; un grupo desarrolló sus actividades académicas sin el aplicativo y el otro usándolo. Los dos grupos tuvieron un avance académico positivo, sin embargo, el grupo que utilizó el aplicativo tuvo un mayor avance. Y al igual que el caso anterior, se realizó encuestas para evaluar la aceptación del uso de realidad aumentada, obteniendo resultados positivos, 4.30 en promedio sobre 5 (Jamali, Shiratuddin, Wong, & Oskam, 2015).

Pedro C. Santana Mancilla, Miguel A. García Ruiz, Ricardo Acosta Diaz y Celso U. Juárez, (2012) en su investigación Service Oriented Architecture to Support Mexican Secondary Education through Mobile Augmented Reality buscan como mejorar el nivel de compromiso de los alumnos en el curso de Historia en el colegio público Pablo Latapi localizado en Manzanillo, México. Para lograr ello, implementaron un aplicativo con las siguientes características: que pueda ser desplegado en cualquier dispositivo, con una interface de fácil uso y el contenido debe de ser generado por los profesores. La arquitectura que plantea este paper, como lo muestra la figura 4, consiste en que alumno utilice un teléfono móvil (mobile phone), y de esta manera

acceda a la información almacenada en la nube. Para el almacenamiento en la nube los autores utilizaron SOA (Service Oriented Architecture) on Cloud.

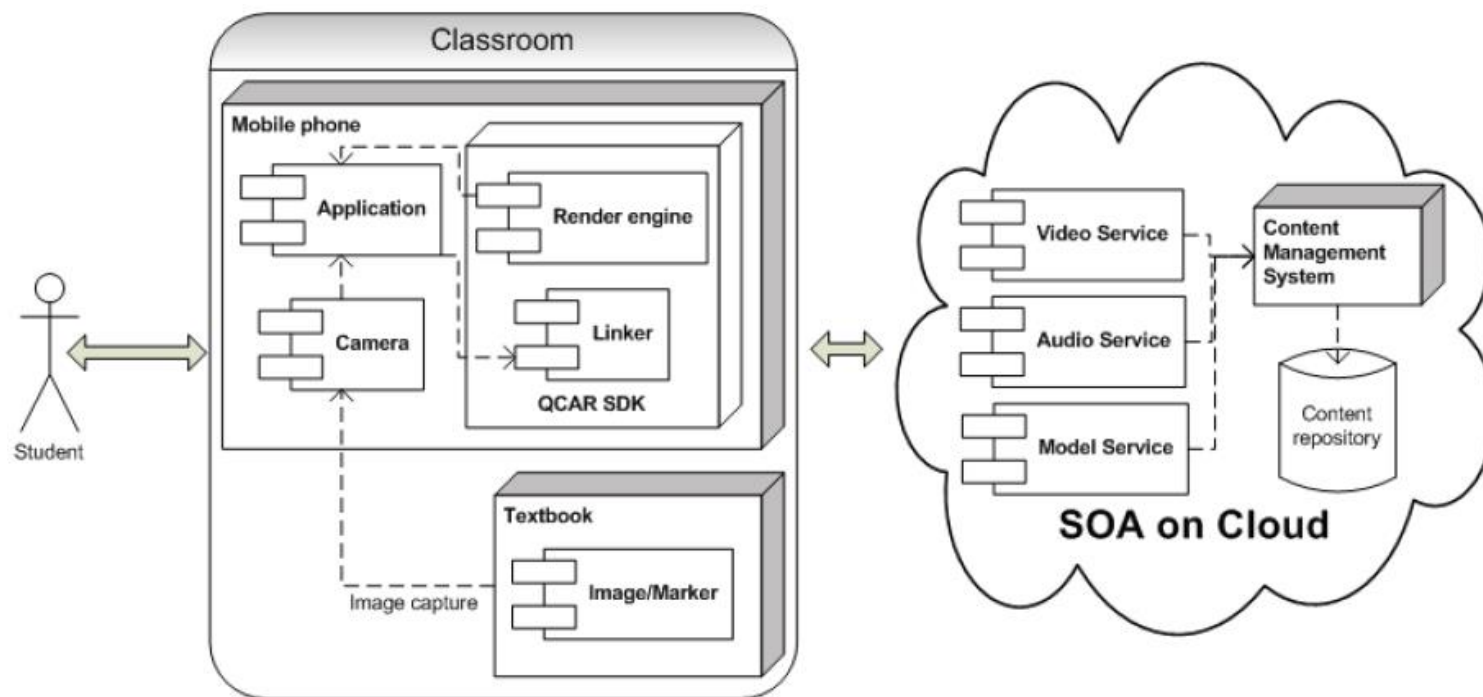


Figura 4: Arquitectura del sistema planteada en Service Oriented Architecture to Support Mexican Secondary Education through Mobile Augmented Reality

Fuente: (Santalla Mancilla, García Ruiz, Acosta Diaz, & Juárez, 2012)

El aplicativo se implementó con contenidos de la Segunda Guerra Mundial, Torre Eiffel y la vida y obra de Martin Luther King. Basándose en la teoría que solo se necesitan a 5 personas para realizar un test, ya que a partir de ahí el crecimiento de la curva de aprendizaje decrece, se realizó una prueba a solo 5 estudiantes, donde se obtuvo una aceptación de 9.7 sobre 10 (Santalla Mancilla, García Ruiz, Acosta Diaz, & Juárez, 2012).

Jennifer Cano Flórez y Maritza Franco Buriticá, (2013) en su tesis Realidad Aumentada Aplicada a Objetos de Aprendizaje para Asignaturas de Ingeniería Informática; exponen la problemática de cómo implementar realidad aumentada en objetos de aprendizaje para tópicos específicos de determinadas asignaturas de Ingeniería Informática del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Al analizar las notas del ciclo 2012 – 1, hallaron que los cursos problemáticos eran “Matemática Aplicada” y “Algoritmos y Programación”; por ello la tesis desarrolla una aplicación móvil Android basado en realidad aumentada utilizando Unity 3D, Blender y Vuforia. La metodología que usan es el SAM – modelo de desarrollo ágil. Para validar la aplicación realizaron un test académico a los alumnos que utilizaron el prototipo de la tesis. Obteniendo un resultado positivo de aceptación del 75% (Cano Flórez & Franco Buriticá, 2013).

Iván Salazar Alvarez (2013) en su tesis Diseño e implementación de un sistema para información turística basada en realidad aumentada; plantea el desarrollo de una aplicación móvil basado en realidad aumentada para promover el turismo mediante nuevas tecnologías. Para ello analizó las características técnicas de sistemas operativos móviles y herramientas de realidad aumentada; de esta manera se escogió crear una aplicación móvil en el sistema operativo Android; y utilizar las herramientas Unity y ARToolkit para el desarrollo de su aplicativo. El prototipo contó con tres módulos: Modelos 3D, Imágenes y Texto. La validación se realizó mediante una encuesta, quince fueron los encuestados; donde el 100% aprobó los módulos de Imágenes y

Texto, y el 87% aprobó el módulo de la Realidad Aumentada (Salazar Alvarez, 2013).

2.2 Proceso de enseñanza – aprendizaje

2.2.1 Definición

Se ha considerado por mucho tiempo la enseñanza y el aprendizaje como dos aspectos por separado, en lugar de estudiar la unidad de acción que suponen y de analizar el proceso de interacción que se establece entre ellos. Teóricos del aprendizaje, como Skinner, conciben la enseñanza como la organización del aprendizaje. Hough y Duncan, se centran sobre la estrategia general a poner en práctica para provocar cambios de comportamiento y facilitar el aprendizaje (Postic, 2000).

El libro “Desarrollo, aprendizaje, y enseñanza en la educación secundaria”, señala que, desde el punto de vista psicológico, el fenómeno del aprendizaje involucra cambios que se producen en las personas como resultado de las experiencias que vivimos, en las que participamos y en las que nos involucramos de una u otra manera; estos cambios involucran un referente experimental – sin experiencia, no hay aprendizaje – además, el aprendizaje involucra una cierta permanencia en el tiempo – es por ello la relación entre el aprendizaje y fenómenos como la memoria y el olvido. Estas características hacen que se hable del aprendizaje como algo que se adquiere (Bustos, y otros, 2010).

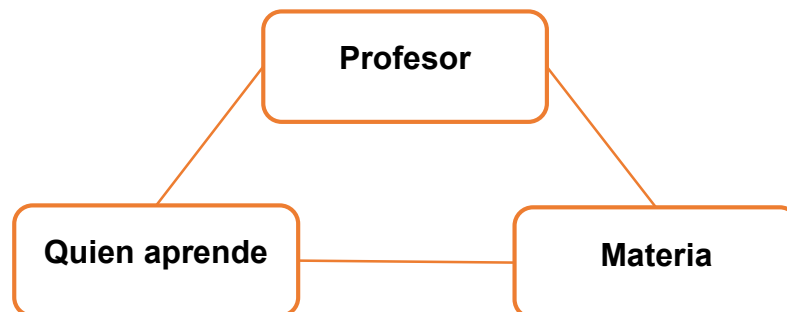
Araceli Estebaranz García (1994) menciona, en su libro “Didáctica e innovación curricular”, dos puntos de vista distintos de la enseñanza. El primero es dado por Laska en 1984, quien afirma que “la enseñanza como la actividad en la que está comprometido el profesor, y cuya responsabilidad es controlar el impacto de los estímulos instructivos sobre los estudiantes, para intentar conseguir los objetivos de aprendizaje. Su punto de vista es que todas

las características principales de un proceso instructivo están ejemplificadas en el caso de un profesor que enseña a un estudiante” (Estebaranz García, 1994). El segundo punto de vista es dado por Posner en 1985, donde contradice a Laska y buscando definir la enseñanza, especifica cuatro categorías de componentes; como se detalla en la figura 5, estos componentes son: profesor, quien aprende, materia y contexto. Un peligro latente es que en una situación de enseñanza pueda faltar el equilibrio entre el profesor, quien aprende y la materia, “entonces ocurre algo seriamente negativo. Cuando la enseñanza ignora al que aprende hay una tendencia a ser autocrático. Si ignora al profesor hay tendencia al dejar hacer. Cuando ignora la materia es típicamente vacía” (Estebaranz García, 1994).

Contexto

Se refiere a didácticas en la clase, a sus reglas, medios, facilitadores, expectativas y el background personal, que actúan como recursos, restricciones e influencias directas sobre la enseñanza y el aprendizaje.

Agente de la enseñanza, que puede ser también, por ejemplo, las máquinas.



El término alumno o estudiante depende de la edad o de lo serio que es el aprendizaje para la persona.

Material que el profesor comparte con el que aprende. Esto es, hay algo que el profesor enseña, bien sea conocimiento académico, sentimientos personales o destrezas técnicas.

Figura 5: Componentes de la enseñanza según Posner

Fuente: Adaptado de (Estebaranz García, 1994)

Así mismo, Estebaranz García (1994) menciona que se pueden incluir los temas relativos a los procesos de enseñanza – aprendizaje a estos componentes, como se muestra en la figura 6.

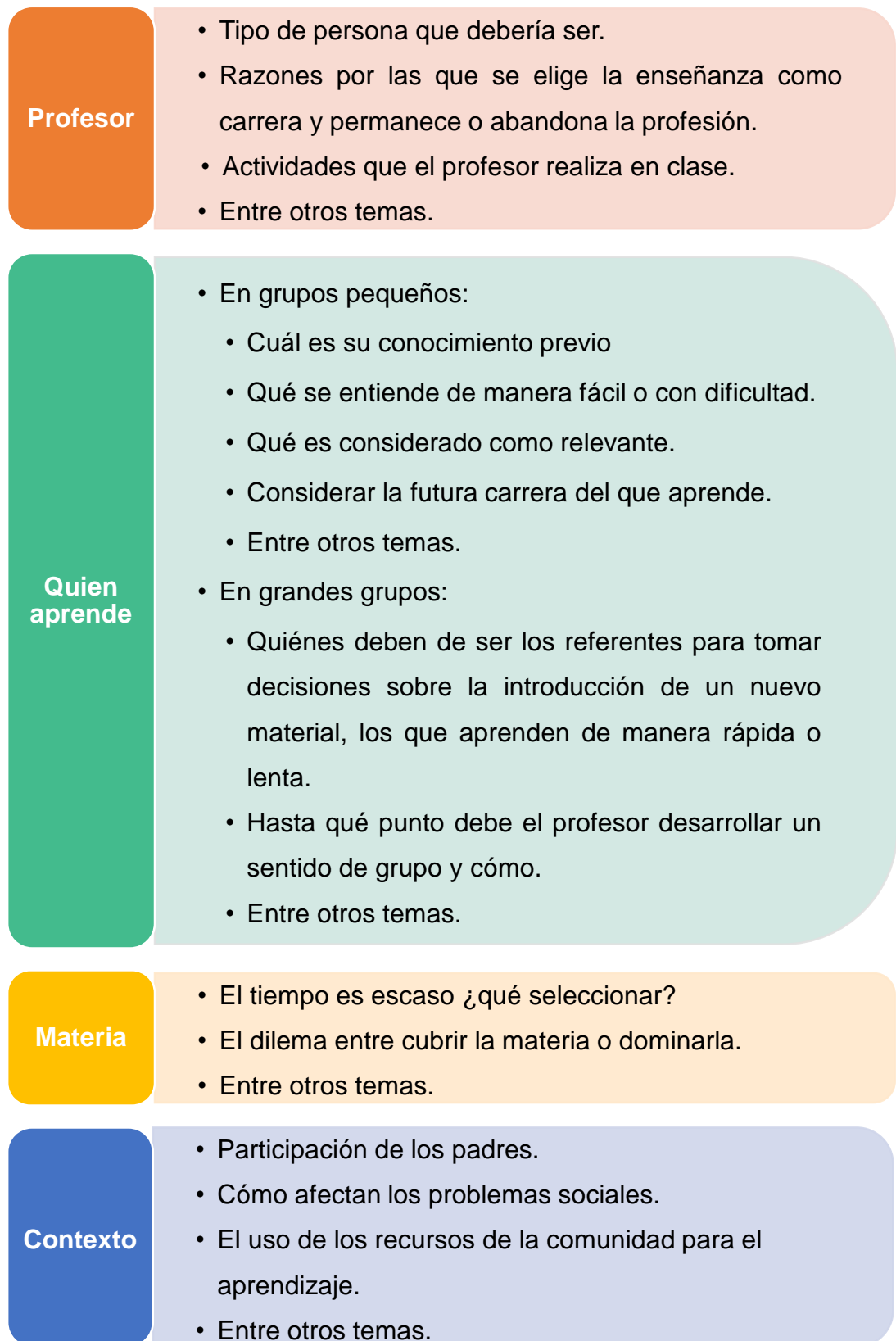


Figura 6: Temas relativos a los procesos de enseñanza – aprendizaje
 Fuente: Adaptado de (Estebaranz García, 1994)

Estebaranz García (1994) indica que “quien aprende” abarca también a los profesores, dado que, todas las personas siguen aprendiendo a pesar de la edad o posición. Los que aprenden abarcan un amplio rango con diferentes propósitos, aspiraciones y marcos de referencia (conocimientos y experiencias). Así mismo, afirma que no es posible pensar en la enseñanza sin tener en cuenta todos los componentes como un todo; lo contrario lleva al absurdo. Todos los componentes, los cuales se observan en las figuras 5 y 6, son esenciales y de igual importancia.

“Kyriacou comenta que es fácil reconocer una enseñanza de calidad cuando se encuentra ante una buena enseñanza, pero en cambio es difícil señalar cuáles son las partes que la integran” (Estebaranz García, 1994). En la figura 7 se señalan los aspectos que hay que considerar, según Estebaranz García (1994), para lograr una enseñanza efectiva.

Según Anderson (1989), citado por Estebaranz García (1994), un asunto fundamental a considerar al planificar una lección es las diferencias entre los alumnos, tales como dificultades de aprendizaje, la motivación, el género, las diferencias de etnia, etc.

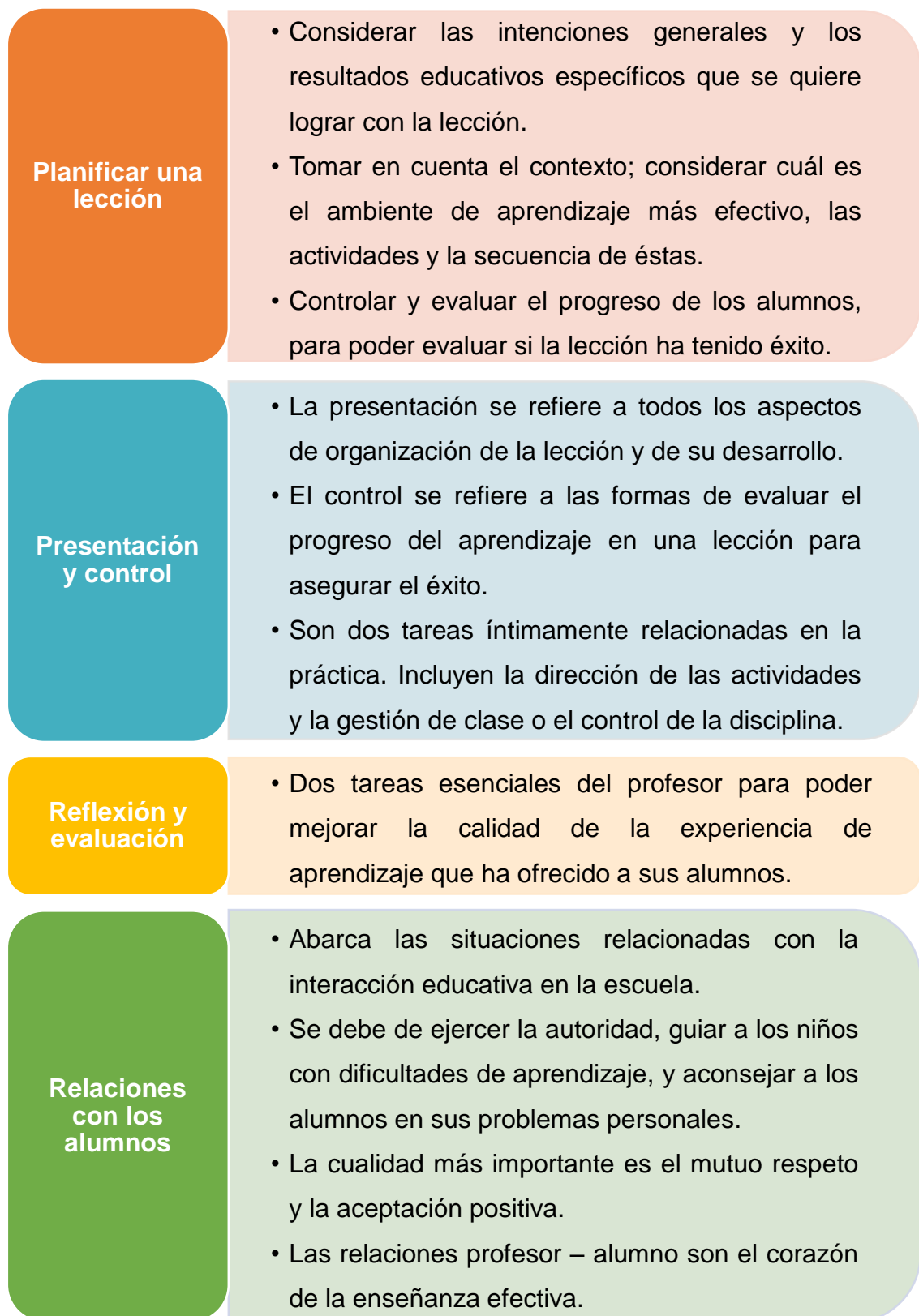


Figura 7: Aspectos a considerar para para lograr una enseñanza efectiva
Fuente: Adaptado de (Estebaranz García, 1994)

Contreras (1991), citado por Estebaranz García (1994), precisa que entendemos por procesos de enseñanza – aprendizaje al sistema de comunicación intencional que se produce en un marco institucional y en que se generan estrategias encaminadas a provocar el aprendizaje.

2.2.2 Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la educación

En el libro “Informática aplicada a los procesos de enseñanza - aprendizaje”, que la aparición de la computadora personal a principios de los ochenta permitió que algunas escuelas comenzaran a equiparse de equipos y programas informáticos que habían aparecido en el mercado principalmente para fines profesionales. La difusión a mediados de los noventa de la Internet, y en especial del correo electrónico y la web, marcó una nueva etapa, la denominada “sociedad de la información y del conocimiento”, que se está consolidando bajo el impulso de las TIC y presenta rasgos inconfundibles de cambio. También es mencionado que nos encontramos ante una nueva reestructuración mental de los individuos, pues esta forma actual de acercarse a la realidad genera distintos hábitos perceptivos, distintas actitudes y expectativas en relación con la aproximación al conocimiento.

Barberá, Badia, y Mominó (2001), citado por Chumpitaz Campos, García Torres, Sakiyama Freire, & Sánchez Vásquez (2005), mencionan que existe un conjunto de propuestas psicoeducativas que se han ido articulando a partir de la década de los noventa, que señalan que la actividad de la enseñanza que desarrolla el docente usando las TIC no puede desvincularse y, por ende, no puede ser analizada sin tener en cuenta la dimensión psicoeducativa de la interacción que se produce dentro del aula que vincula al propio docente con los estudiantes, el contenido; y las tareas de enseñanza y aprendizaje que se están desarrollando.

Chumpitaz Campos, García Torres, Sakiyama Freire, & Sánchez Vásquez (2005) mencionan que las TIC pueden cambiar la forma de concebir, planificar y ejecutar los procesos de aprendizaje. Bajo su influencia, son posibles modificaciones que afectan la manera de aprender, tal como se muestra en la figura 8, en tres aspectos:

- Control y autonomía: Se toma en cuenta los intereses, necesidades y circunstancias de cada estudiante hasta tal punto que cada uno puede planificar y controlar su propio proceso de aprendizaje.
- Tiempo real y asíncrono: El proceso de aprendizaje se convierte en una situación interactiva entre las personas, tanto en tiempo real como asíncrono.
- Interactividad: Estimula los procesos de aprendizaje al mejorar el control que las personas ejercen sobre el proceso y al permitirles decidir qué quieren aprender y cómo desean hacerlo.

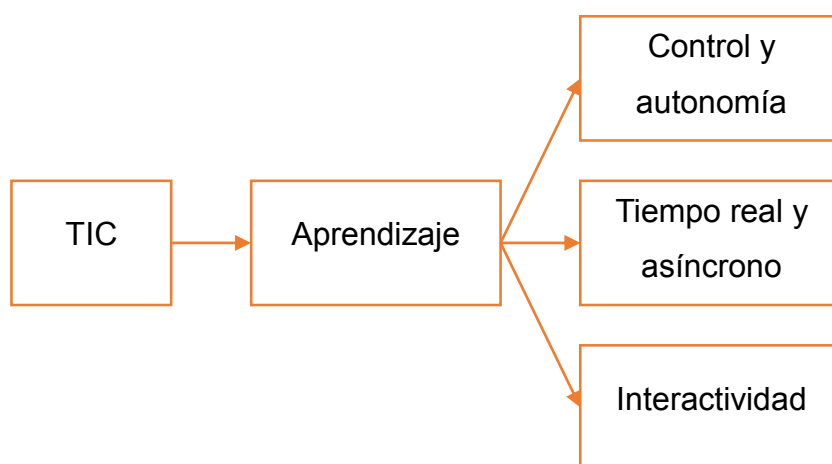


Figura 8: Características del aprendizaje con las TIC

Fuente: (Chumpitaz Campos, García Torres, Sakiyama Freire, & Sánchez Vásquez, 2005)

“El uso de las TIC puede incorporar un cambio en el paradigma educativo centrado en el aprendizaje, en el que los alumnos interactúan y construyen conjuntamente su aprendizaje. Así se destierra la idea de que tan

solo el profesor o el libro de texto son los portadores de sabiduría” (Chumpitaz Campos, García Torres, Sakiyama Freire, & Sánchez Vásquez, 2005).

Area (2001), citado por Chumpitaz Campos, García Torres, Sakiyama Freire, & Sánchez Vásquez (2005), afirma que, los encargados de la educación son personas con conocimientos del mundo en el que viven y con habilidades que les permiten hacer accesible ese mundo complejo a todos los individuos en formación; es decir, se precisarán profesores, educadores, tutores, ciberprofesores, o como quiera que se les llegue a llamar, con una profunda capacidad de aprendizaje, un amplio conocimiento del desarrollo humano y una predisposición para la interacción con los estudiantes utilizando los medios más variados.

Debido a las nuevas exigencias por el uso de las TIC en la educación se requiere formar al profesorado para reflexionar sobre contenidos tecnológicos. “La incorporación de video, gráficos, texto, sonido y animación en un sistema puede ser una gran ayuda al estudiante para poder recibir, procesar y actuar sobre la gran cantidad de información presentada, además de permitirle desarrollar su potencial individual y mantenerlo activo, flexible y adaptable al cambio social y tecnológico” ” (Chumpitaz Campos, García Torres, Sakiyama Freire, & Sánchez Vásquez, 2005).

2.3 Computer graphics

2.3.1 Definición

Entre los autores que han escrito sobre Computer Graphics, encontramos a Pachghare (2011), quien expone en su libro Comprehensive Computer Graphics que Computer Graphics es el uso de la computadora para definir, almacenar, manipular, y presentar imágenes. La computadora prepara y presenta información almacenada a un observador en forma de gráficos.

Cabe resaltar que el observador no tiene control sobre los gráficos presentados.

Otro autor es McConnell (2006), en su libro *Computer Graphics theory into practice* manifiesta que Computer graphics es el proceso de producir una imagen usando la computadora; ya sea una simple o compleja, donde se tenga que usar programas que involucren matemática y física compleja en la producción de imágenes de alta precisión. Además de la capacidad de crear una serie de imágenes que resultan en una animación.

Chopra (2014) expone en su libro “Computer Graphics with an introduction to multimedia” que Computer Graphics puede ser definido, como lo muestra la figura 9, por la suma de Data Structures, Graphics algorithm and Languages.

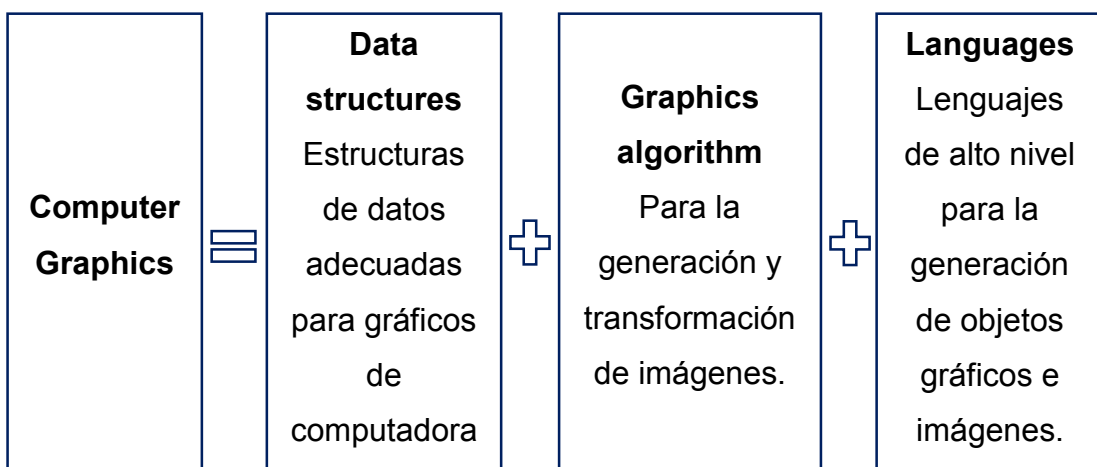


Figura 9: Computer Graphics as the sum of data structures, graphics algorithm and languages

Fuente: (Chopra, 2014)

McConnell (2006), menciona que hay una amplia gama de diferentes programas de computer graphics, pero hay elementos comunes en todas estas aplicaciones. Todos comienzan con los datos, sea el tema que sea, como artístico, médico, etc., estos datos se utilizan para crear una imagen que luego se muestra en la pantalla del ordenador. El proceso de ir desde los datos

a la imagen es llamado graphics pipeline (canal de gráficos), y aunque hay diferencias entre los programas de computer graphics, muchos de ellos usan los mismos pasos.

En el caso de generación de imágenes realista, las tres etapas principales que son necesarios para la producción de una imagen generada por un ordenador son: modeling (modelado), rendering (renderizado) y display (visualización). La etapa de modelado crea una representación interna de los objetos en la escena. La etapa de renderizado convierte la descripción de la escena en una imagen de esa escena. La etapa de visualización muestra la imagen en un dispositivo de salida. Debido a la necesidad de contar con una serie de imágenes que trabajen juntas para transmitir una historia, la animación requiere un trabajo adicional más allá de estos tres pasos, con el fin de vincular los fotogramas de la animación - pero cada fotograma sigue esta secuencia (McConnell, 2006).

McConnell (2006) señala que la vista de los gráficos en un ordenador es como una aproximación de lo que realmente sucede en el mundo real. Una vista simplificada es que la luz viene de una serie de fuentes naturales y artificiales, y se refleja en las superficies en distintas posiciones, orientaciones y en distintos tipos de materiales; con el tiempo, tiene contacto con los ojos, donde se convierte en una señal del sistema visual y luego en procesos cerebrales. Esto requiere el modelado de diferentes tipos de fuentes de luz, como el sol, así como las luces artificiales en toda su variedad. El sistema visual humano procesa información de diferentes maneras dependiendo la cantidad de luz disponible (McConnell, 2006).

Chopra (2014), menciona que Computer Graphics involucra imágenes y objetos gráficos los cuáles son la colección de pixeles. Un pixel es el elemento direccionable más pequeño de la pantalla; se puede controlar configurando la intensidad y color de los pixeles que componen la pantalla. El

pixel no es un punto matemático, representa una región que puede contener un número infinito de puntos.

Kelly (2014), menciona que una diferencia clave entre un objeto real y uno en la pantalla es que el primero ocupa espacio físico real, como el carro de juguete de la figura 10, y el otro ocupa algunos megabytes de espacio de almacenamiento digital, como el carro de juguete en la pantalla de una tablet en la figura 11. Otra manera de expresarlo es que un objeto es real, y el otro es una representación de un coche, una réplica, un modelo simple.



Figura 10: Carro real de juguete
Fuente: (Kelly, 2014)



Figura 11: Carro de juguete en la pantalla de una tablet
Fuente: (Kelly, 2014)

Además, Kelly (2004) menciona que el software de modelado 3D es a menudo también llamado software de diseño asistido por ordenador, o CAD –

por sus siglas en inglés, computer aided design – que básicamente significa que la computadora ayuda a crear objetos digitales.

Pachghare (2011) señala que el CAD es un segmento de Computer Graphics que ayuda en la creación, modificación u optimización del diseño de un producto como la construcción, automóviles, aeronaves, embarcaciones, naves espaciales, etc.

2.3.2 Historia de Computer Graphics

Chopra (2014) relata una breve historia de la evolución de Computer Graphics en su libro Computer Graphics with an introduction to multimedia, entre los aspectos que resalta encontramos los de la figura 12.

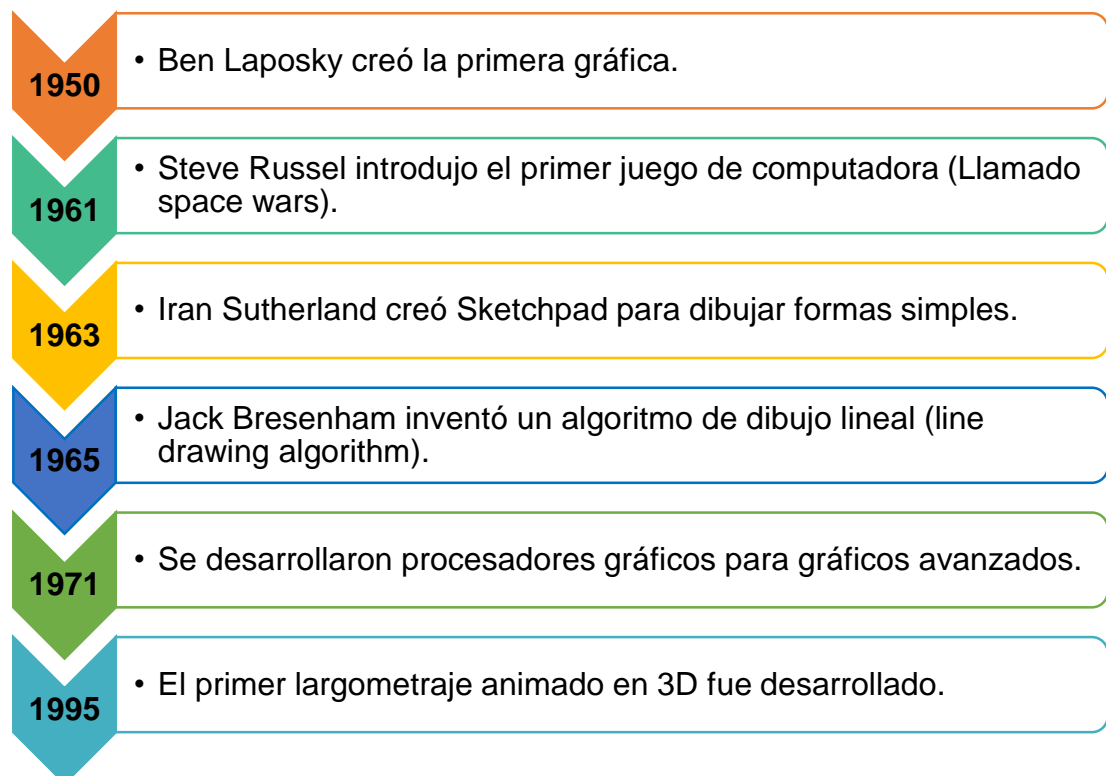


Figura 12: Breve historia de computer graphics
Fuente: (Chopra, 2014)

2.3.3 Componentes

Chopra (2014) plantea 5 componentes de computer graphics, como se observa en la figura 13, tres componentes son de software y dos de hardware.

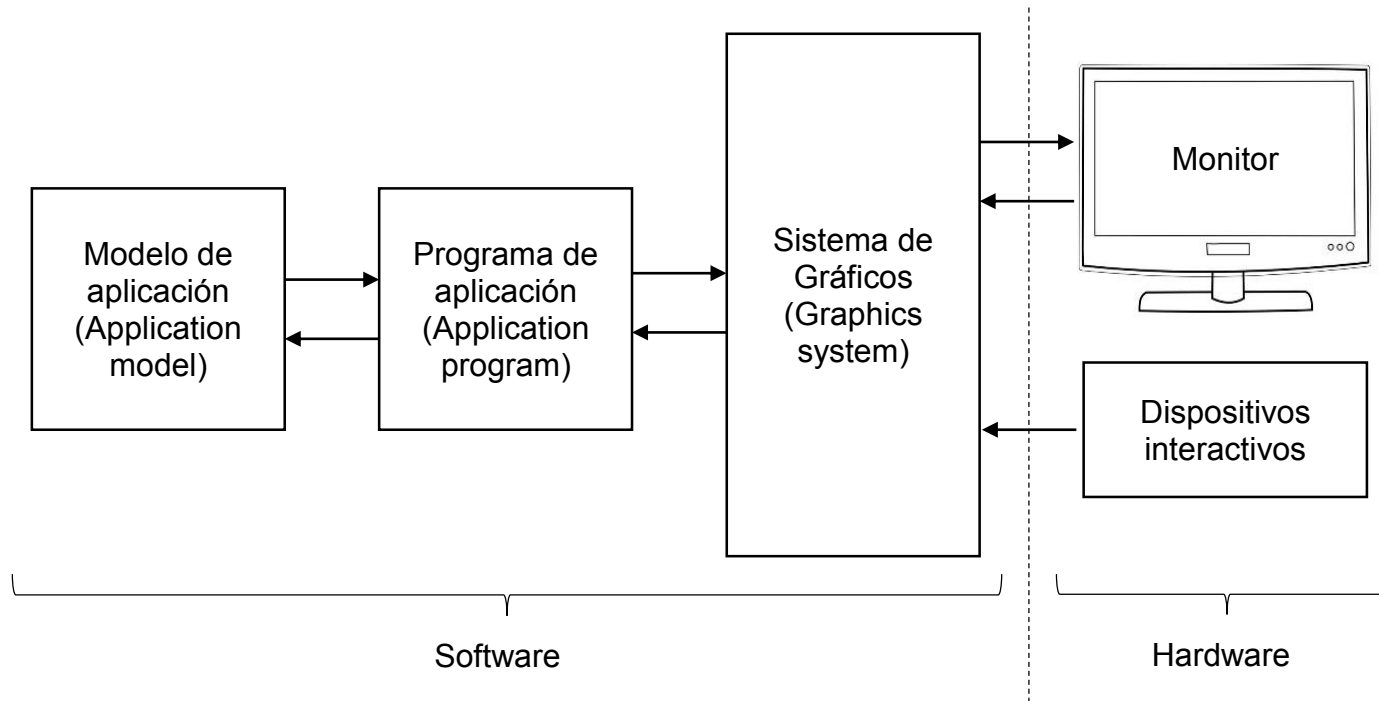


Figura 13: Componentes de computer graphics
Fuente: (Chopra, 2014)

Dentro de los tres componentes de software, mostrados en la figura 13, se encuentran el modelo de aplicación, que representa los datos u objetos que se mostrarán en la pantalla o monitor; el programa de aplicación, que crea, almacena y recupera la imagen; y el sistema de gráficos, que es una serie de comandos gráficos que responden a ¿qué se visualiza? y ¿cómo se visualiza? Con respecto al hardware, se observa, en la figura 14, dos componentes; la computadora recibe entradas desde los dispositivos interactivos y muestra imágenes en los dispositivos de visualización (Chopra, 2014).

2.3.4 Ventajas

Pachghare (2011) manifiesta que algunas ventajas de computer graphics son:

- Computer Graphics permite la comunicación a través de imágenes, gráficos y diagramas.
- Leer una gran cantidad de páginas demanda bastante tiempo, en pleno siglo 21, las personas no cuentan con tanto tiempo; Computer Graphics soluciona este problema representando la información en imágenes como gráficos de barra, diagrama de pastel o gráficos circulares.
- Computer Graphics ayuda a explicar asuntos complejos para que sean entendidos en una primera impresión; por ello es útil en los negocios para representar los datos, participación de mercado, y márgenes de beneficio.

2.3.5 Desventajas

Pachghare (2011) no señala alguna desventaja de computer graphics, en cambio Chopra (2014) menciona que un aspecto desfavorable es que requiere de bastante tiempo de procesamiento.

2.3.6 Aplicaciones

Algunas aplicaciones de computer graphics son:

- **Diseño y Construcción de Edificios**

Los gráficos por ordenador son una herramienta muy útil para generar las estructuras de dibujo y visualización del arquitecto. Con los datos sobre el edificio, el ordenador puede hacer varias imágenes de la construcción con diferentes ángulos. Pachghare (2011) se refiere a esta facilidad que el arquitecto puede tener como caminar a través de la construcción, mirando las imágenes en la computadora.

- **Diseño Electrónico**

Antes la placa de circuito impreso (Printed Circuit Board o PCB en inglés) era hecho en su totalidad a mano. Pachghare (2011) señala que hoy en día este procedimiento ha sido completamente computarizado.

- **Diseño Mecánico**

Las máquinas son un arreglo complejo de partes mecánicas. La técnica constructiva de la geometría sólida (Constructive solid geometry technique – CSG en inglés) se utiliza para diseñar diferentes partes en la computadora. Antes de fabricar cualquier máquina, el ingeniero primero diseña las máquinas en la computadora y con esa ayuda la fábrica (Pachghare, 2011).

- **Entretenimiento y Animación**

Los métodos de Computer Graphics son usados para hacer música, programas de televisión, juegos, películas animadas, etc. Hay una

competencia intensa entre los cinematógrafos y productores de juegos para entregar los más deslumbrantes y atractivos efectos especiales. Se han usado gráficos, sonidos y animación multimedia para crear una variedad de juegos. Producciones multimedia también incluyen películas donde los componentes multimedia son mezclados con imágenes reales para crear un gran ambiente de entretenimiento (ISRDR (Instructional Software Research and Development) Group, 2006).

- **Industria Aeroespacial**

Pachghare (2011) menciona que los diseñadores de aeronaves usan computadoras para simular el flujo de aire sobre las alas. Los patrones de las ondas de choque alrededor del avión dan al diseñador una idea sobre el área que puede crear turbulencia no deseada.

- **Tecnología Médica**

La tomografía axial computarizada (Computerized axial Tomography o CAT en inglés) se utiliza para componer el modelo tridimensional del cerebro mediante la toma de múltiples radiografías de la misma. El escaneo del CAT es muy útil en la detección de diversas enfermedades como los tumores cerebrales. Las computadoras también son útiles para generar imágenes de órganos delicados (Pachghare, 2011).

En las operaciones utilizando robots se observa el proceso de la operación mediante los monitores, que necesitan ser equipados con un software y hardware especial de gráficos (Chopra, 2014).

- **Cartografía**

Los gráficos computarizados se utilizan para producir una representación precisa y esquemática de fenómenos geográficos y de otros fenómenos naturales a partir de datos de medición. Por ejemplo, los mapas geográficos, mapas en relieve, mapas de exploración para perforación y minería, cartas oceanográficas, mapas meteorológicos, mapas de contorno y mapas de densidad de población (Pachghare, 2011).

- **Arte y comercio**

Los gráficos se utilizan para procesar imágenes que expresan un mensaje y atraen la atención. El uso de computadoras personales en lugares públicos como museos, terminales de transporte, supermercados, hoteles, etc. ofrecen simples e informativas imágenes que permiten a los usuarios orientarse ellos mismos, tomar decisiones, o hacer alguna transacción. Además, la producción de diapositivas para presentaciones comerciales, científicas o educativas es otro uso rentable de los gráficos (Pachghare, 2011).

2.3.7 Etapas para la producción de una imagen

McConnell (2006) afirma que hay tres etapas principales necesarias para la producción de una imagen generada por un ordenador; estas tres etapas forman en conjunto el canal de gráficos.

2.3.7.1 Modelado

Kelly (2014) comenta que los modelos son representaciones en miniatura de objetos originales más grandes, imitaciones de un objeto real. Cuando nos referimos a un modelado 3D, los objetos tienen longitud, ancho y altura. Un aspecto interesante de los modelos es que pueden ser

desarrollados antes que los objetos reales. Ingenieros de Ford o Toyota suelen desarrollar primero modelos de arcilla de coches a escala mucho menor, sí el modelo es aprobado, el coche real es construido y puesto en producción para que la gente lo compre y conduzca (Kelly, 2014).

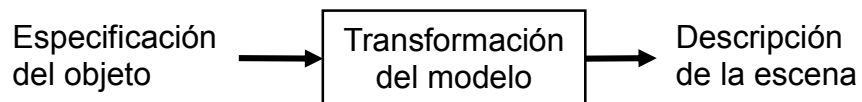


Figura 14: Etapa de Modelado en el Canal de Gráficos
Fuente: (McConnell, 2006)

McConnell (2006) señala que, como se observa en la figura 14, en la etapa del modelado; antes de que una imagen pueda ser creada, se desarrolla un modelo de la escena. El modelo tiene que dar los detalles de cada uno de los objetos; esto incluye la forma del objeto, material, color, si el objeto es brillante, transparente, translúcido o si tiene textura.

Describir la forma de un objeto depende de la complejidad de la forma. Para los objetos geométricos simples, la forma puede ser definida con sólo unos pocos parámetros. Para definir una esfera, por ejemplo, sólo se tiene que especificar su radio y donde se encuentra su centro. Una forma compleja, como una tetera necesita muchos más parámetros para la especificación de su forma (McConnell, 2006).

2.3.7.2 Renderizado

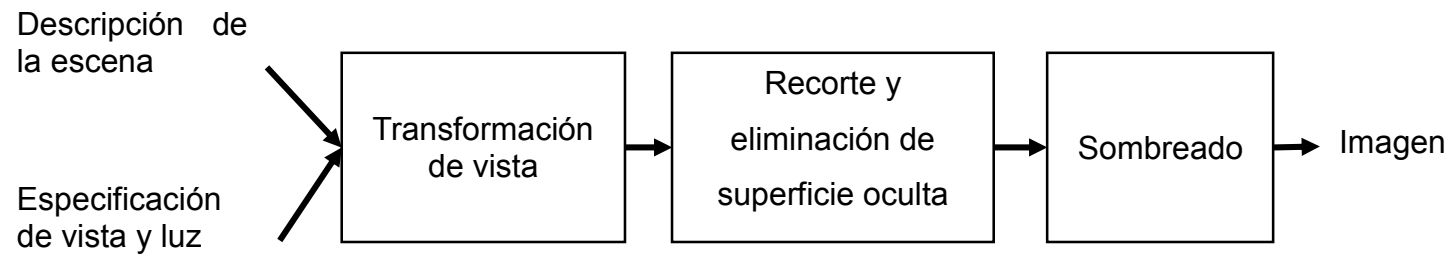


Figura 15: Etapa de Renderizado en el Canal de Gráficos

Fuente: (McConnell, 2006)

En la figura 15 se señala el proceso completo del renderizado. una vez que el archivo de datos ha sido leído y un modelo interno de la escena ha sido creado, el programa encargado del renderizado transforma los datos y produce la imagen de la escena. El proceso de renderizado simula el flujo de luz a través de la escena a medida que interactúa con los objetos. Para un modelo interno de los objetos de la escena, es necesario que haya un modelo para la luz. La presencia de la luz es lo que le permite ver los objetos en el mundo.

Un modelo de iluminación muestra la forma en que la luz interactúa con los objetos de la escena. Algunos modelos de iluminación simples no son capaces de iluminar correctamente algunos tipos de objetos. Por ejemplo, la luz interactúa de diferente manera con un objeto de metal que con un objeto de plástico. Si un modelo de iluminación no incluye cálculos para tener en cuenta esta diferencia, dos tipos diferentes de objetos pueden parecer iguales. Por lo tanto, la imagen final está influenciada tanto por el modelo de iluminación y los parámetros de aspecto del objeto. Otro factor a tomar en cuenta, es la visibilidad de los objetos. En una escena compleja, objetos que están lejos pueden quedar ocultos por los objetos que están más cerca (McConnell, 2006).

2.3.7.3 Visualización

McConnell (2006) señala que, con los sistemas informáticos modernos, los problemas de visualización de la imagen son menos importante porque hay muchos recursos disponibles para apoyar esta etapa. En el pasado, todo el procesamiento era manejado por el software, y la tarjeta gráfica sólo era responsable de la transferencia de los datos de la imagen para su representación en el monitor. A medida que se desarrollan las tarjetas gráficas, tareas simples de renderización se asignan a la tarjeta gráfica.

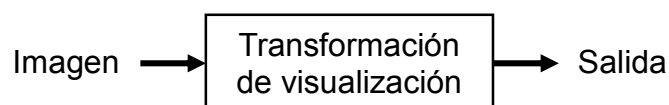


Figura 16: Etapa de Visualización en el Canal de Gráficos

Fuente: (McConnell, 2006)

Como se muestra en la figura 16, la etapa de la visualización es el proceso para lograr que la imagen sea visualizada. Un problema en esta etapa es la diferencia en las capacidades de salida, cada empresa que fabrica un monitor o una impresora de color utiliza componentes únicos; esos componentes se diferencian en la forma en que producen la imagen, lo que

significa que una imagen puede aparecer de distinta forma cuando se muestra en dos monitores diferentes o impreso en dos impresoras diferentes. Aunque se podría pensar que un píxel de color rojo siempre tiene el mismo aspecto, este no es el caso; McConnell llama a este problema la "Reproducción del color" (McConnell, 2006).

2.3.8 Computer Graphics Softwares

A continuación, se mostrará una lista de algunos softwares de gráficos 3D con su descripción.

a) 3DS Max

Es un Software para modelar en 3D, animar y renderizar. Creada por la compañía Autodesk 3D (Autodesk, 2016a). 3DS Max es un software que requiere de licencia pagada para su utilización, sin embargo, si uno es estudiante puede obtener una licencia gratuita de uso por 3 años.

En el año 2014, Autodesk lanzó Autodesk 3DS Max 2015, el presente trabajo de investigación describe esta versión debido a que es la última estable disponible en el mercado en el mes de octubre del 2015, mes donde se investigó el software 3DS Max.

Autodesk brinda un manual online de 3DS Max. El enlace del manual online es: <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2015/ENU/>

Los requerimientos técnicos para la instalación de Autodesk 3ds Max 2015 son (Autodesk, 2014a):

- **Requerimientos de Software:**
 - **Sistema Operativo de 64 bits:** Microsoft® Windows® 7, Windows® 8 y Windows® 8.1 Professional.

- **Navegador:** Autodesk recomienda usar la versión más reciente de los siguientes exploradores web para acceder a contenido complementario en línea:
 - Explorador web Apple® Safari®
 - Navegador Google Chrome™
 - Explorador web Microsoft® Internet Explorer®
 - Explorador web Mozilla® Firefox®

- **Requerimientos de Hardware:**
 - **CPU:** Procesador multinúcleo de 64 bits Intel® o AMD®
 - **RAM:** 4 GB de RAM (se recomiendan 8 GB)
 - **Espacio en disco:** 4,5 GB de espacio libre en disco para la instalación.
 - **Dispositivo señalador:** Ratón de tres botones
 - **Hardware Gráfico:** Lista detallada de los sistemas operativos y tarjetas gráficas en el Anexo 1.

b) Blender

Es un Software de creación 3D gratuita y de código abierto. Soporta las etapas de producción de imágenes 3D: modelado, animación, simulación, renderizado, etc (Blender, 2016b).

En el mes de octubre del 2015, Blender lanzó Blender 2.76, el presente trabajo de investigación describe la versión 2.76 de Blender debido a que es la última versión estable disponible en el mercado en el mes de octubre del 2015, mes donde se investigó el software Blender.

Bender está disponible para Windows, MAC OSX y GNU/LINUX (Blender, 2014).

Blender cuenta con un manual online para sus usuarios. El manual se encuentra en la siguiente dirección URL: <https://www.blender.org/manual/> Este manual se actualiza con cada nueva versión de Blender, para acceder a los manuales de versiones anteriores se debe de ingresar a la página: <https://wiki.blender.org/index.php/Doc:ES/2.6/Manual> sin embargo, no se encuentran presente todos los manuales de las versiones anteriores.

- **Requerimientos técnicos** (Blender, 2014):

Los requerimientos mínimos de hardware para su uso básico son:

- 32-bit dual core 2Ghz CPU
- Minima version de Windows: Windows XP
- Gb de RAM
- Visualización de 24 bits 1280 x 768
- Gráficos compatibles con OpenGL 1.4 y 512 MB de RAM

c) Cinema 4D

Cinema 4D un software de modelado 3D. Desarrollado por MAXON Computer GmbH en Alemania. Cuenta con una versión gratuita para estudiantes de 18 meses (Maxon, 2016a).

En setiembre del 2015, Maxon lanzó Cinema 4D R17, el presente trabajo de investigación describe la versión R17 de Cinema 4D debido a que es la última versión estable disponible en el mercado en el mes de octubre del 2015, mes donde se investigó el software Cinema 4D.

Maxon cuenta con un manual para los usuarios de sus productos, el manual de CINEMA 4D se encuentra en el siguiente link:

http://http.maxon.net/pub/r17/doc/Quickstart_CINEMA_4D_R17_EN.pdf

Así mismo, el canal de You Tube de Maxon se encuentra en la siguiente dirección URL:

<https://www.youtube.com/user/MaxonC4D>

- **Requerimientos técnicos:**

Los requerimientos mínimos del sistema son (Maxon, 2016b):

- **Sistemas Operativos:**

- Windows (funcionando en Intel o AMD 64-bit)
- Windows 7 SP1 64-bit (todas las versiones)
- Windows 8 64-bit (todas las versiones)
- Windows 8.1 64-bit (todas las versiones)
- Windows 10 64-bit (todas las versiones)
- OS X
- Mac OS X 10.9.5 o superior con procesador 64-bit ejecutándose en Intel-based Apple Macintosh

- **En general:**

- GB RAM (8 GB o más recomendado)
- OpenGL Tarjeta Gráfica con soporte OpenGL 4.1 (GPU dedicado recomendado)
- Puerta USB
- Se necesita conexión a Internet

d) Maya

Creada por la compañía Autodesk 3D, es un software de modelado 3D que requiere de licencia pagada para su uso, sin embargo, si uno es estudiante puede obtener una licencia gratuita por 3 años (Autodesk, 2016b).

En el 2014, Autodesk lanzó Maya 2015, el presente trabajo de investigación describirá esta versión debido a que es la última estable

disponible en el mercado en el mes de octubre del 2015, mes donde se investigó el software Maya.

Autodesk brinda un manual online de Maya. El enlace del manual online es: <http://help.autodesk.com/view/MAYAUL/2015/ENU/>

- **Requerimientos de Software:**

Los requerimientos mínimos del sistema son (Autodesk, 2014b):

- **Sistema Operativo de 64 bits:**

- Microsoft® Windows® 7, Windows® 8 o Windows ® 8.1 Professional
- Apple ® Mac OS ® X 10.8.5 y 10.9.x
- Red Hat ® Enterprise Linux ® 6.2
- Fedora ™ 14 sistema operativo Linux
- CentOS 6.2 sistema operativo Linux

- **Navegador:** Autodesk recomienda la versión más reciente de los siguientes exploradores web para acceder al contenido en línea complementario:

- Apple Safari ® navegador Web
- Google Chrome ™ navegador Web
- Microsoft ® Internet Explorer ® navegador Web
- Mozilla ® Firefox ® navegador Web

- **Requerimientos de Hardware:**

- **CPU:** 64 bits Intel ® o AMD ® Procesador multinúcleo
- **RAM:** 4 GB de RAM (se recomiendan 8 GB)
- **Espacio en disco:** 4,5 GB de espacio libre en disco para la instalación.
- **Dispositivo señalador:** Ratón de tres botones

- **Hardware Gráfico:** La lista detallada de los sistemas operativos y tarjetas gráficas en el Anexo 2.

e) Zbrush

ZBrush es un software de modelado 3D, desarrollado por Pixologic. ZBrush se encuentra actualmente en la versión 4R7, versión estable desde enero 2015. Disponible para sistema operativo Windows y MAC (Pixologic, 2009). El presente trabajo de investigación describe la versión 4R7 de ZBrush debido a que es la última versión estable disponible en el mercado en el mes de octubre del 2015, mes donde se investigó el software ZBrush.

Pixologic ha desarrollado videos tutoriales de ZBrush, los cuales se encuentran en el link: <http://pixologic.com/zclassroom/viewall>

La licencia de Zbrush es pagada; los estudiantes pueden acceder a un descuento (Pixologic, 2010).

- **Requerimientos de sistema mínimo** (Pixologic, 2015):
 - **Para Windows**
 - **Sistema Operativo:** Windows Vista o más reciente, incluyendo versiones de 32 bits.
 - **CPU:** Pentium o AMD equivalente con tecnología SSE2 o mejor.
 - **RAM:** 4 GB (6+ GB fuertemente recomendado)
 - **HDD:** 8 GB de disco duro de espacio libre para el disco de inicio y la aplicación.
 - **Monitor:** Resolución de monitor de 1280x1024 (color de 32 bits).
 - **Tarjeta gráfica:** Todos los tipos.
 - **Para MAC**
 - **Sistema Operativo:** Mac OSX: 10.8 o superior.
 - **CPU:** Pentium con tecnología SSE2 o mejor.

- **RAM:** 4 GB (6+ GB fuertemente recomendado)
- **HDD:** 8 GB de disco duro de espacio libre para el disco de inicio y la aplicación.
- **Monitor:** Resolución del monitor 1280x1024 (color de 32 bits).
- **Tarjeta gráfica:** Todos los tipos.

2.4 Realidad aumentada

2.4.1 Definición

Paul Milgram y Fumio Kishino definen en 1994 el concepto de “Continuo de la Virtualidad” o “Virtuality Continuum” como la mezcla de objetos presentados en cualquier situación de visualización. Como se ilustra en la figura 17; el mundo real y el mundo virtual se ubican a los extremos del Virtuality Continuum. El entorno de realidad mixta es donde los objetos del mundo real y el mundo virtual son presentados juntos en una sola visualización (Milgram & Kishino, 1994).

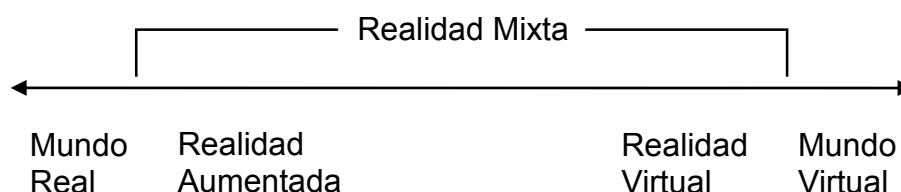


Figura 17: Esquema de Virtuality Continuum

Fuente: (Milgram & Kishino, 1994)

Ronald Azuma, investigador del Nokia Research Center Hollywood, considerado como uno de los pioneros de realidad aumentada, la define como una variación del mundo virtual, donde se le permite al usuario ver el mundo real con objetos virtuales superpuestos. La realidad aumentada complementa la realidad en lugar de reemplazarla, dando la impresión al usuario de que el mundo real coexiste con el mundo virtual (Azuma, 1997).

Azuma (1997), muestra en su investigación “A Survey of Augmented Reality” la figura 18 como ejemplo de realidad aumentada, donde se puede apreciar una lámpara virtual y dos sillas virtuales en combinación con una mesa real y un teléfono real.



Figura 18: Escritorio real con una lámpara virtual y dos sillas virtuales
Fuente: (Azuma, 1997)

Azuma (1997) define la realidad aumentada como un sistema con las siguientes características:

- Combina lo real y lo virtual
- Es interactiva en tiempo real
- Utiliza modelos 3D

Fundación Telefónica (2011), en su informe “Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo”, menciona que para entender la definición de la realidad aumentada hay que recurrir a nuestros sentidos, ya que a través de ella es entendida la realidad física (el mundo real). La realidad aumentada potencia los cinco sentidos – la vista, el oído, el olfato, el tacto y el gusto – con una nueva lente gracias a la cual la información del mundo real se complementa con la digital.

Como se observa en la figura 19, “la tecnología que permite la realidad aumentada actúa como una lente a través de la cual vemos el mundo físico (básicamente gente, lugares y cosas). La gran capacidad de esta lente, que es el sistema de realidad aumentada, es la de superponer sobre el entorno físico información digital relevante con el contexto en el que se encuentra la persona que está mirando. Esta información generalmente se encuentra en la nube, es decir, en la red” (Fundación Telefónica, 2011).



Figura 19: Esquema general del concepto de realidad aumentada
Fuente: (Fundación Telefónica, 2011)

Fundación Telefónica (2011), afirma que para componer un servicio de realidad aumentada es necesario la combinación de cuatro elementos, como se muestra en la figura 20.



Figura 20: Elementos de realidad aumentada
Fuente: (Fundación Telefónica, 2011)

2.4.2 Aplicaciones de Realidad Aumentada

Fundación Telefónica (2011) menciona que el campo de realidad aumentada es tan amplio que será la imaginación la que ponga límites en su desarrollo. La mayoría de aplicaciones de realidad aumentada se han centrado en el ocio y el marketing, sin embargo, otros campos están incursionando con realidad aumentada, como el del turismo, educación, salud, manufactura, militar, aeronáutico, entre otros.

- **Realidad aumentada en juegos**

El clásico juego PacMan fue implementado con realidad aumentada por la National University of Singapore, de manera que el jugador podía ser, bien un fantasma o el propio Pac-Man y el laberinto eran las propias calles de Singapur. Para poder jugar, el usuario tenía que disponer de un ordenador

portátil, unas gafas (que permitían ver la realidad y los datos del juego), GPS, Bluetooth, wifi, infrarrojos y sensores (Fundación Telefónica, 2011).

Otro juego destacado con gran popularidad el año 2016 fue Pokémon Go, el cuál era un juego de realidad aumentada basado en geolocalización desarrollado por Niantic. Inc. utilizando Unity.

Empresas como Microsoft, Nintendo y Sony están apostando por crear un dispositivo que permita a los usuarios controlar e interactuar con la consola sin necesidad de tener contacto físico con un controlador de videojuegos tradicional. Microsoft desarrollando el Kinect para Xbox360; Nintendo desarrollando dispositivos con acelerómetro para Wii una de sus consolas más conocidas es Wii remote; en cuanto a Sony, desarrolla Play Station Move compatible con los sistemas de Play Station 3 y Play Station 4 (Fundación Telefónica, 2011).

- **Realidad aumentada en la enseñanza**

La incursión de la realidad aumentada en la enseñanza se ha dado con el uso de los libros y targets – imágenes especiales que serán reconocidas con dispositivos que reconocen los movimientos. Un ejemplo de la aplicación del uso de libros es el de la empresa alemana Metaio, que desarrolló libros con elementos que son reconocidos por un aplicativo de realidad aumentada. Otro ámbito del uso de realidad aumentada en la educación es la creación de juegos, principalmente los basados en el mundo real y los que incorporan datos de manera aumentada; brindando de esta manera a los educadores formas nuevas y útiles de mostrar relaciones y conexiones (Fundación Telefónica, 2011).

- **Realidad aumentada en marketing y venta**

En el Marketing, captar la atención es un elemento fundamental, es por ello que las empresas ven a la realidad aumentada como una forma de diferenciarse con respecto a la competencia, ofreciendo al usuario la posibilidad de acceder a experiencias visuales llamativas. En el ámbito de la venta, realidad aumentada ofrece la ventaja de comprobar el resultado de una compra sin tener que probarse físicamente, este es un aspecto favorable en las compras online (Fundación Telefónica, 2011).

- **Realidad aumentada en el turismo**

Permite brindar información adicional sobre los lugares turísticos, de esta manera se los turistas pueden obtener información adicional sobre un lugar; esta información puede ser texto, imágenes, audio, video, etc.

- **Realidad aumentada en procesos de mantenimiento**

La realidad aumentada puede servir para capacitar operarios menos expertos, para reducir los errores en las tareas de mantenimiento, o para reducir el tiempo de las tareas de mantenimiento. Tal y como se muestra en la figura 21, un operario puede usar un aplicativo de realidad aumentada como guía que le indique que operaciones debe realizar (Fundación Telefónica, 2011).



Figura 21: Aplicación de realidad aumentada en procesos de mantenimiento
Fuente: (Fundación Telefónica, 2011)

- **Realidad aumentada en la medicina**

El uso de la realidad aumentada en este campo permite un acercamiento más minucioso que a simple vista. Para un cirujano puede ser muy importante visualizar en tres dimensiones los órganos y huesos alrededor de la zona en la que se está llevando a cabo la intervención, o visualizar información complementaria como datos del paciente o de la operación. Por ende, la capacidad de enriquecer la realidad con información digital puede jugar un papel importante en el área de la medicina (Fundación Telefónica, 2011).

2.4.3 Herramientas de desarrollo de Realidad Aumentada

A continuación, se nombrará una lista de algunas herramientas que se necesitan para crear una aplicación de realidad aumentada.

2.4.3.1 Sistemas Operativos Móviles

I. Definición

Un dispositivo móvil es como un ordenador personal orientado a la comunicación y, como cualquier ordenador, tiene un sistema operativo. Por ejemplo, encontramos a Android de Google, iOS de Apple, Windows Mobile de Microsoft, entre otros. Aplicativos comunes en los dispositivos móviles son los app de localización, de cámara fotográfica y video, Internet, llamada telefónica , entre otros (Beltrán, y otros, 2010).

II. Tipos de Sistemas Operativos Móviles

A continuación, se nombrará un par de ejemplos de los sistemas operativos móviles que hay en el mercado.

a) Android

Android es un sistema operativo basado en Linux que está diseñado para dispositivos móviles, como Smartphones o tablets. Android es de código abierto permitiendo que el software sea libremente modificado y distribuido por los fabricantes de dispositivos, operadores inalámbricos y desarrolladores. En noviembre del 2007 se forma la alianza de negocio: Open Handset Alliance (OHA) con el objetivo de desarrollar estándares abiertos para móviles. La OHA está conformada por compañías de software, operadores móviles, fabricantes de teléfonos, vendedores de chip y empresas de comercialización; entre estas compañías encontramos a Google, Intel, Motorola, Texas Instruments, Toshiba, T-Mobile, Samsung, Sony Ericsson, Vodafone, etc. El objetivo de esta alianza es proveer el diseño y difusión de la plataforma Android (Dixit, 2014).

Para mayor información sobre Android, ingresar al enlace <https://www.android.com/>

b) iOS

iOS pertenece a Apple, anteriormente se denominaba iPhone OS, originalmente, desarrollada para los iPhone; actualmente es utilizada por los diversos productos de Apple, como iPod Touch y iPad (Niño Camazón, 2011).

Para mayor información sobre iOS, ingresar al enlace <http://www.apple.com/la/ios>, el link re dirigirá al enlace de la versión actual del iOS, al momento de la consulta.

2.4.3.2 Game Engine

I. Definición

Un Game Engine, o motor de juego, en español, como su nombre lo indica, brinda la posibilidad de la creación de juegos; sin embargo, también permite la creación de aplicativos dedicados a otros rubros, como la medicina, mercadeo, educación, entre otros aspectos.

Gregory (1970), en su libro "Game Engine Architecture", menciona que "Game Engine" surgió a mediados de la década de 1990 en referencia a los juegos de disparos, donde los juegos empezaron a separar los componentes de software – como el sistema de renderizado gráfico tridimensional, el sistema de detección de colisiones o el sistema de audio – de la creación del mundo del juego, y sus reglas. El valor de esta separación se valorizó a medida que los desarrolladores comenzaron a colocar licencias a sus juegos y reequiparlos en nuevos productos creando un nuevo arte, diseños del mundo de juegos, armas, personajes, vehículos y reglas de juego con sólo

cambios mínimos al software "motor". Esto marcó el nacimiento de la "comunidad mod" - un grupo de jugadores con estudios independientes que construyeron nuevos juegos mediante la modificación de juegos existentes, utilizando herramientas gratuitas proporcionadas por los desarrolladores originales. Hacia finales de la década de 1990, algunos juegos como Quake III Arena y Unreal fueron diseñados con reutilización y teniendo el "modding" en mente, transformándose luego en motores de juegos. Hoy en día, los desarrolladores de juegos pueden brindar licencias de un motor de juego y reutilizar partes significativas de sus componentes claves de software para crear juegos (Gregory, 1970).

Existe una gran diversidad de motores de videojuegos, como Blander, Construct, Unity, Unreal Engine, entre otros. Thorn (2011), señala que no se puede afirmar que un motor sea mejor o peor que otro, sólo más o menos apropiado para un propósito específico.

Harrison (2003), afirma que un motor de juego muchas veces está diseñado únicamente a un juego; sin embargo, un motor de juego bien diseñado es modular – propiedad que permite subdividir una aplicación en partes más pequeñas – además de ser reutilizable, y lo suficientemente flexible como para ser utilizado para varios juegos que son similares.

II. Game Engine Softwares

A continuación, se nombrará algunos ejemplos de softwares de motores de juego.

a) Blender

Este Software, como se menciona en “b) Blender” en la sección 2.3.8. Computer Graphics Softwares, es un software gratuito que puede ser utilizado en el modelado 3D o para la creación de juegos. Además, como se señala,

Blender cuenta con un manual online para sus usuarios, en el siguiente enlace: <https://www.blender.org/manual/> Este manual se actualiza con cada nueva versión, las versiones anteriores se encuentran en: <https://wiki.blender.org/index.php/Doc:ES/2.6/Manual> sin embargo, no se encuentran presente todos los manuales de las versiones anteriores de Blender.

Blender recomienda una RAM mínima de 2Gb para su instalación; permite crear aplicativos para Microsoft Windows, Linux, MAC OS (Blender, 2014).

b) Unity

Es un software, desarrollado por Unity Technologies, que permite la creación de juegos en 2D y 3D. Cuya página oficial es <https://unity3d.com/es/>

Unity cuenta con soporte multiplataforma, permitiendo crear aplicativos para Android, iOS, Windows Phone, Microsoft Windows, Linux, MAC OS, entre otros (Unity, 2014).

Unity Technologies ofrece varios planes para poder adquirir una licencia, la modalidad personal es gratuita. Para mayor información ingresar al enlace: <https://store.unity.com/>

Unity Technologies ofrece una serie de tutoriales, documentación, etc.; que se pueden encontrar en el siguiente enlace URL: <https://unity3d.com/learn> Para acceder a la documentación de manera directa se puede ingresar a <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> este manual es actualizado con cada nueva versión de Unity, Para acceder a las versiones anteriores, ingresar al enlace: <https://docs.unity3d.com/Manual/ManualVersions.html>

Se recomienda una RAM mínima de 2Gb para su instalación. Para descargar Unity, se puede acceder a todas sus versiones y escoger una de ellas en el enlace: <https://unity3d.com/es/get-unity/download/archive>

c) Unreal Engine

Software desarrollado por Epic Games que ofrece un pack de herramientas de desarrollo para la creación de juegos en 2D y 3D. Su página oficial es <https://www.unrealengine.com/>

Desde marzo del 2015, Unreal Engine es un software gratuito; sin embargo, se exige un pago del 5% de regalías una vez que se empiece a comercializar, siempre y cuando, las remuneraciones por el producto vendido supere los \$3000 (Unreal Engine, 2013).

Para acceder a la documentación de Unreal Engine, se puede acceder al enlace <https://docs.unrealengine.com/latest/INT/> que se actualiza con cada nueva versión de Unreal.

Unreal Engine recomienda una RAM de 8 GB para su instalación (Unreal Engine, 2010), para seguir leyendo sobre las especificaciones de hardware y software recomendadas para su instalación, acceder al enlace: <https://docs.unrealengine.com/latest/INT/GettingStarted/RecommendedSpecifications/>

2.4.3.3 Herramienta IDE

I. Definición

El entorno de desarrollo integrado (Integrated Development Environment, IDE, por sus siglas en inglés) utiliza una herramienta CASE que el proveedor incluye para facilitar la planificación, la construcción y el

mantenimiento de softwares. CASE, por sus siglas en inglés, es el acrónimo de “Computer Aided Software Engineering” o “Ingeniería de Software Asistida por Computadora”, en español. CASE es un programa informático destinado a aumentar la productividad, y una de sus funcionalidades es ser herramienta de generación semiautomática de código. Empresas como Microsoft, Oracle Corporation e IBM ofrecen IDEs que se relacionan con su familia de productos. Aunque las herramientas CASE genéricas pueden utilizarse para planificar y diseñar cualquier tipo de sistema de información, En general es más fácil utilizar una herramienta IDE que el proveedor ha proporcionado (Shelly & Rosenblatt, 2009).

Oracle (2010), manifiesta que un IDE es más que un editor de texto, es una utilidad que ahorra tiempo para realizar tareas repetitivas y complejas. Es un conjunto de herramientas integradas que ayuda con el flujo de trabajo de codificación, pruebas y depuración, creación de perfiles, compilación, ejecución e implementación.

Así mismo, otros autores, definen a un IDE como un paquete de programas que consolida las herramientas básicas que los desarrolladores necesitan para escribir código y realizar pruebas a un software. Normalmente, un IDE contiene un editor de código, un compilador y un depurador que el desarrollador accede a través de una única interfaz gráfica de usuario (en inglés: graphical user interface – GUI) (Rouse & Silverthorne, 2016).

II. IDE Softwares

A continuación, serán descritos algunos de los softwares de entorno de desarrollo integrado.

a) Monodevelop

Este Software permite a los desarrolladores escribir aplicaciones web y de escritorio en Linux, Windows y MAC OS X. Provee de un facilitador de completamiento de código en C# (Monodevelop, 2014).

Monodevelop es compatible con Unity, para mayor información, Unity provee de un manual online, que se encuentra en el siguiente link <https://docs.unity3d.com/Manual/MonoDevelop.html> Así mismo, en la página web de Monodevelop se encuentra una sección de documentación, el enlace online es: <http://www.monodevelop.com/documentation/feature-list/> Sin embargo, en este enlace la documentación no contiene todas las funcionalidades técnicas que posee Monodevelop

La descarga de Monodevelop es de manera gratuita, y es por defecto al descargar el paquete de Unity. El consumo de Memoria RAM, de parte de Monodevelop, suele ser menor a 100 MB. Al mantener abierto 10 ventanas de compiladores de código la memoria RAM utilizada es no mayor a 70 MB.

b) Visual Studio

Permite escribir código con asistencia de autocompletamiento en tiempo real cuando se escribe código, ya sea C#, C++, o Python. Entre las funciones que brinda, se encuentran la refactorización, identificación y corrección de problemas de código (Microsoft, 2016a).

El IDE de Visual Studio es compatible con Unity, para mayor información, Unity provee de un manual online, que se encuentra en el enlace <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/VisualStudioIntegration.html> Así mismo, Microsoft brinda un manual online en el siguiente link <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/dd831853.aspx>

Microsoft ofrece la posibilidad de descargar el editor de código de Visual Studio de manera gratuita; siempre y cuando, se tenga una cuenta de correo electrónico de Microsoft. De acuerdo a los requisitos técnicos de Visual Studio 2015, el programa requiere de 1GB de RAM (Microsoft, 2016b).

2.4.3.4 Herramienta Augmented Reality SDK

I. Definición

Augmented Reality SDK es un SDK – Software Development Kit, por sus siglas en inglés, o un Kit de Desarrollo de Software por sus siglas en español – que permite el desempeño de funcionalidades de Realidad Aumentada.

De acuerdo a Oracle (2014), un SDK proporciona herramientas con funciones de software embebido (software con funciones que permiten controlar y supervisar la operación de equipos). Además incluye emulación de dispositivos, entorno de desarrollo independiente y un conjunto de utilidades para el desarrollo rápido (Oracle, 2014).

II. Augmented Reality SDK Softwares

A continuación, se nombrarán algunos de los Augmented Reality SDK Softwares.

1. Metaio

El Metaio SDK es una estructura modular que incluye cuatro componentes: captura, interfaz de sensor, renderizado, y seguimiento; además de la interfaz de SDK de Metaio. La interfaz proporciona interacción entre la aplicación y los otros 4 componentes modulares. Metaio es un software compatible solo con el sistema operativo iOS (Metaio, 2015).

Para acceder a una documentación se debe de tener una cuenta en Metaio. Apple Inc. es la actual dueña de Metaio, según la página web de Metaio, las nuevas suscripciones y compras de sus productos no están disponibles (Metaio, 2015).

2. Vuforia

Vuforia es un SDK desarrollado por Qualcomm, según las estadísticas mostradas en su página oficial, Vuforia cuenta con el apoyo de más de 300,000 desarrolladores registrados y ha sido parte de la creación de más 350 millones de aplicaciones, a nivel mundial. Vuforia permite el reconocimiento de imágenes como revistas, anuncios, etc. Vuforia permite crear experiencias de realidad aumentada a partir de imágenes predefinidas por el desarrollador, éstas imágenes pueden ser páginas de un libro, póster o revista (Qualcomm, 2016).

Vuforia SDK es compatible con los sistemas operativos: Android, IOs, entre otros. Para alguna consulta técnica sobre Vuforia se puede consultar en el siguiente link: <https://developer.vuforia.com/support>

El acceso a la documentación es libre, al igual que la descarga de Vuforia para uso personal; para un uso comercial, la licencia tiene un precio. Para mayor detalle, ingresar al enlace: <https://developer.vuforia.com/pricing>

3. Wikitude

Wikitude es un SDK de realidad aumentada que combina la tecnología de rastreo 3D, reconocimiento de imágenes y geolocalización de realidad aumentada. A febrero del 2017, más de un millón de desarrolladores están registrados en Wikitude y han sido creadas más de 20,000 aplicativos utilizando Wikitude SDK (Wikitude, 2017).

Wikitude permite el desarrollo en los sistemas operativos: Android, iOS, entre otros. Para acceder a documentación acerca de Wikitude, ingresar al siguiente enlace: <http://www.wikitude.com/documentation/>

El acceso a una licencia de Wikitude es mediante un pago previo. Wikitude ofrece cuatro tipos de licencia, la que cuenta con menos características, y por ende la más económica, es SDK PRO, el costo de la licencia anual es de 2490 €. Para mayor detalle de las características de los tipos de licencia y el pago por cada una, dirigirse al enlace: <http://www.wikitude.com/products/wikitude-sdk-features/>

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISEÑO DE AUREDU

A partir de ahora en adelante se referirá al aplicativo móvil de realidad aumentada desarrollada en la presente tesis como AUREDU, siglas de “Augmented Reality in Education”, o “Realidad Aumentada en Educación” en español.

El análisis y diseño de AUREDU será desarrollado en dos etapas, en la primera etapa, se seleccionará el sistema operativo móvil donde AUREDU será desplegado, y en la segunda parte se seleccionará las herramientas para el desarrollo de AUREDU; en esta segunda parte se seleccionará las herramientas de Computer Graphics, Game Engine, IDE y Augmented Reality SDK.

3.1 Selección del sistema operativo móvil

3.1.1 Participación de mercado de sistemas operativos móviles

El fin de AUREDU es que la mayor parte de la población sea beneficiada, es por ello que en esta parte se analiza la cuota de mercado para escoger el sistema operativo donde AUREDU será desplegado.

Para lograr lo descrito se analiza las cifras de porcentaje de la cuota de mercado de los sistemas operativos móviles a nivel mundial, reporte que trimestralmente publica Gartner, empresa líder en investigación de mercados

a nivel mundial en el rubro de tecnología. Además, se investigará la cuota de mercado del sistema operativo móvil a nivel de latinoamérica y Perú, para evaluar si la tendencia mundial, latinoamericana y peruana son las mismas o no. Y en base a ello se decidirá el sistema operativo en el cual AUREDU será desplegado. El presente análisis se realizó en febrero del 2016, analizando los años 2014 y 2015, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Cuota de mercado mundial (%) de los sistemas operativos móviles por trimestre

Fuente: Adaptado de (Gartner, 2015a), (Gartner, 2015b), (Gartner, 2015c) y (Gartner, 2016)

Cuota de mercado mundial (%) de los sistemas operativos móviles por trimestre								
Sistema operativo móvil	1er Trim. 2014	2do Trim. 2014	3er Trim. 2014	4to Trim. 2014	1er Trim. 2015	2do Trim. 2015	3er Trim. 2015	4to Trim. 2015
Android	80.8%	83.8%	83.3%	76.0%	78.8%	82.2%	84.7%	80.7%
iOS	15.3%	12.2%	12.5%	20.4%	17.9%	14.6%	13.1%	17.7%
Windows	2.7%	2.8%	3.0%	2.8%	2.5%	2.5%	1.7%	1.1%
Blackberry	0.6%	0.7%	0.8%	0.5%	0.4%	0.3%	0.3%	0.2%
Others	0.6%	0.5%	0.4%	0.4%	0.5%	0.4%	0.3%	0.2%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Como se observa en la tabla 2 y en la figura 22, Android domina la cuota de mercado mundial en los sistemas operativo móviles, liderando con una cuota de mercado promedio – del 2014 y 2015 – del 81.3%. En segundo lugar, se ubica iOS, sistema operativo móvil desarrollado por Apple Inc., sin embargo, durante el 2015, iOS no supera el 20% de la cuota del mercado.

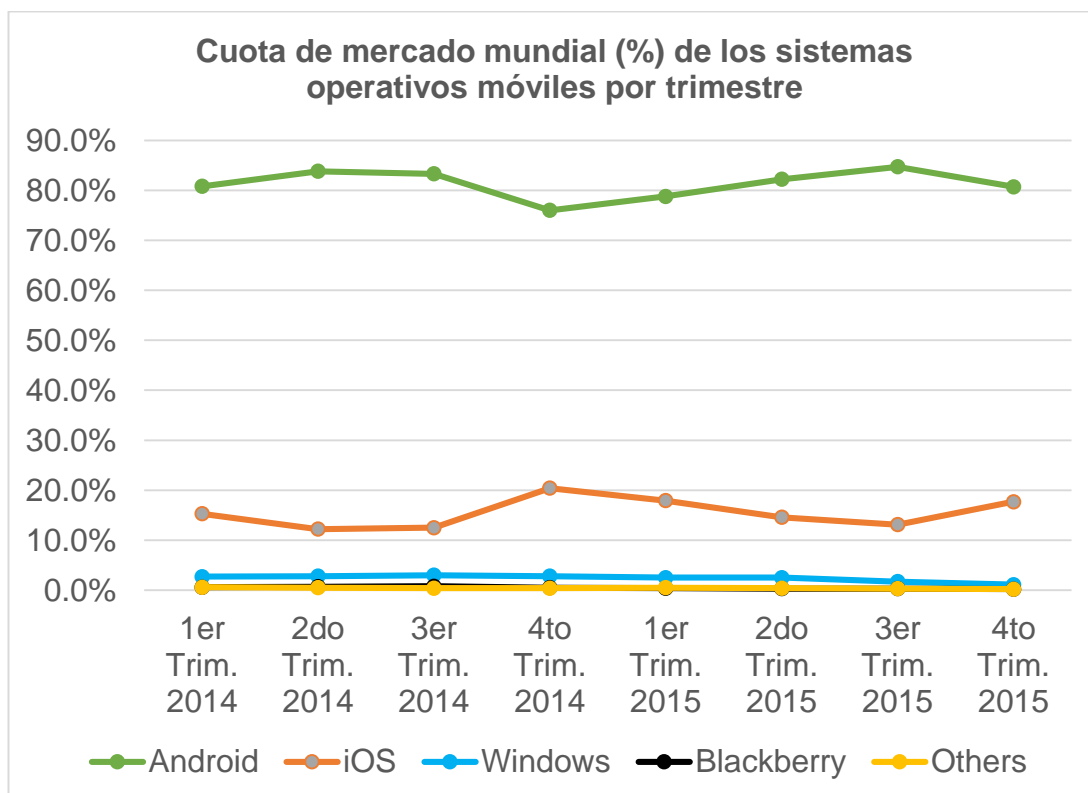


Figura 22: Cuota de mercado mundial (%) de los sistemas operativos móviles por trimestre

Fuente: Adaptado de (Gartner, 2015a), (Gartner, 2015b), (Gartner, 2015c) y (Gartner, 2016)

En conjunto, Android e iOS cuentan con más del 95% de la cuota de mercado mundial, como se puede observar en la tabla 3; durante el 2015, Android e iOS lograron obtener una cuota promedio del 97.4%.

Tabla 3: Cuota de mercado mundial (%) de Android e iOS por trimestre

Fuente: Adaptado de (Gartner, 2015a), (Gartner, 2015b), (Gartner, 2015c) y (Gartner, 2016)

Sistema operativo móvil	1er Trim. 2014	2do Trim. 2014	3er Trim. 2014	4to Trim. 2014	1er Trim. 2015	2do Trim. 2015	3er Trim. 2015	4to Trim. 2015
Android	80.8%	83.8%	83.3%	76.0%	78.8%	82.2%	84.7%	80.7%
iOS	15.3%	12.2%	12.5%	20.4%	17.9%	14.6%	13.1%	17.7%
Android+iOS	96.1%	96.0%	95.8%	96.4%	96.7%	96.8%	97.8%	98.4%

Acorde con Internet Media Services corporate (2015), en una encuesta realizada entre el 6 y 13 de enero del 2015, se obtuvo que el 78% de personas en América Latina posee un Smartphone con el sistema operativo Android, y el 19% con iOS. Con respecto a Perú, se obtuvo que el 79% posee un Smartphone con el sistema operativo Android y el 26% con iOS (Internet Media Services (IMS) corporate, 2015).

3.1.2 Decisión del sistema operativo móvil a usar

Dado que la cuota de mercado de los sistemas operativos móviles a nivel mundial, Latinoamérica y Perú, señalan que Android es el líder en el mercado, el sistema operativo móvil donde AUREDÚ será desplegado es Android.

3.2 Selección de las herramientas a usar en el desarrollo de AUREDÚ

Para el desarrollo de AUREDÚ, se seleccionará 4 tipos de herramientas, la primera será la de 3D computer graphics donde se modelará los gráficos 3D de AUREDÚ; la segunda, la de game engine donde se construirá AUREDÚ; la tercera, es el IDE, compatible con la game engine escogida, para realizar la programación de las funcionalidades de AUREDÚ; y, por último, se seleccionará la herramienta de augmented reality SDK que permitirá las funcionalidades de realidad aumentada de AUREDÚ.

Para escoger un software, por cada herramienta, se seguirán cuatro pasos; sin embargo, de ser necesario, estos pasos serán modificados.

❖ Paso 1

- Investigar en Internet listas de softwares de cada herramienta.
- Enlistar los softwares encontrados en 2 o 3 páginas web distintas.
- Enlistar los softwares comunes en las páginas web analizadas.

❖ Paso 2

- Obtener la lista, utilizando Google Trends, de los softwares más buscados a nivel mundial y en Perú en los últimos 5 años. Al evaluar, de esta manera, la popularidad de los softwares podremos garantizar que el software elegido será uno que a nivel mundial está siendo investigado, por ende, no está en desfase de uso.
- Comparar la tendencia de búsqueda, a nivel mundial y en Perú, de los softwares mencionados al final del paso 1; en base a ello, se seleccionan los softwares más investigados, que serán considerados en el Paso 3.

Tener en cuenta que Google Trends muestra el “Interest over time” (Interés en el tiempo) donde los números representan un interés de búsqueda relativo al punto más alto del gráfico en una determinada región e intervalo de tiempo. Un valor de 100 es la popularidad máxima para el término. Un valor de 50 significa que el término es la mitad de popular. Del mismo modo una puntuación de 0 significa que el término era menos del 1% popular comparado al punto máximo (Alphabet Inc., 2006).

❖ Paso 3

El paso 3 se divide en 2 partes. La primera parte consiste en un análisis cualitativo y la segunda, en un análisis cuantitativo.

- Análisis cualitativo
 - Construir una tabla con las características de los softwares elegidos en el paso 2.
- Análisis cuantitativo
 - Construir la matriz de confrontación con las características establecidas en la tabla del análisis cualitativo.

- Construir la matriz de evaluación teniendo en cuenta las características plasmadas en el análisis cualitativo. La matriz de evaluación se califica del 1 al 5; tomando en consideración la lista de posibles respuestas, cada valor numérico tiene un significado, como se visualiza en la tabla 4.

Tabla 4: Tabla de valoración

Elaboración Propia

5	Excelente
4	Bueno
3	Regular
2	Malo
1	Pésimo

❖ Paso 4

- Elegir el software a utilizar para el desarrollo de AUREDU.

3.2.1 Selección de la herramienta de modelado 3D

Para poder realizar el modelado de los gráficos en 3D de AUREDU se debe de escoger un software de 3D computer graphics.

❖ Paso 1

Se nombrará tres páginas web encontradas en Internet al buscar 3D computer graphics softwares; así mismo, se enlistará los softwares que figuran en cada página web y entre paréntesis se colocará el nombre de la empresa que lo desarrolló.

➤ **Página web 1:**

<http://www.animationcareerreview.com:8080/articles/10-types-3d-graphics-software-worth-knowing>

La lista de 3D computer graphics softwares encontrados en la página web son (Fronczak, 2011):

- LightWave 3D (NewTek)
- Blender (The Blender Foundation)
- 3DS Max (Autodesk)
- Maya (Autodesk)
- Cinema 4D (Maxon)
- Softimage (Autodesk)
- ZBrush (Pixologic)
- Mudbox (Autodesk)
- Modo (Luxology)

➤ **Página web 2:**

<http://filmtechniques.blogspot.pe/2008/07/3d-computer-graphics.html>

La lista de 3D computer graphics softwares encontrados en la página web son (Venkat, 2008):

- 3DS Max (Autodesk)
- AC3D (Inivis)
- Blender (Blender Foundation)
- Cinema 4D (Maxon)
- Electric Image Animation System (EI Technology Group)
- Light Wave 3D (NewTek)

- Maya (Autodesk)
- Mudbox (Autodesk)
- Modo (Luxology)
- SketchUp Pro (Google)
- SoftimageXSI
- Zbrush (Pixologic)
- Entre otros

➤ **Página web 3:**

http://self.gutenberg.org/articles/3d_computer_graphics_software

La lista de 3D computer graphics softwares encontrados en la página web son (World Heritage Encyclopedia, 2013):

- 123D (Autodesk).
- 3DS Max (Autodesk)
- Aladdin4D (DiscreetFX)
- Blender (Blender Foundation)
- Cinema 4D (Maxon)
- Moment of Inspiration (Mol)
- Mudbox (Autodesk)
- SketchUp (Google)
- Softimage (Autodesk) (formalmente Softimage|XSI)
- ZBrush (Pixologic)
- Entre otros

Los softwares 3D computer graphics en común en las tres páginas son:

- LightWave 3D (NewTek)
- Blender (The Blender Foundation)

- 3DS Max (Autodesk)
- Maya (Autodesk)
- Cinema 4D (Maxon)
- Softimage (Autodesk)
- ZBrush (Pixologic)
- Mudbox (Autodesk)

❖ Paso 2

Se comparará la tendencia de búsqueda, a nivel mundial y en Perú, de los softwares mencionados al final del paso 1 con respecto a la popularidad de la búsqueda de “3D computer graphics” y en base a ello se tomará la decisión de los softwares a ser investigados en el Paso 3.

Se evalúa la tendencia de la popularidad de los últimos 5 años. La evaluación se realizó el 3 de Octubre del 2015.

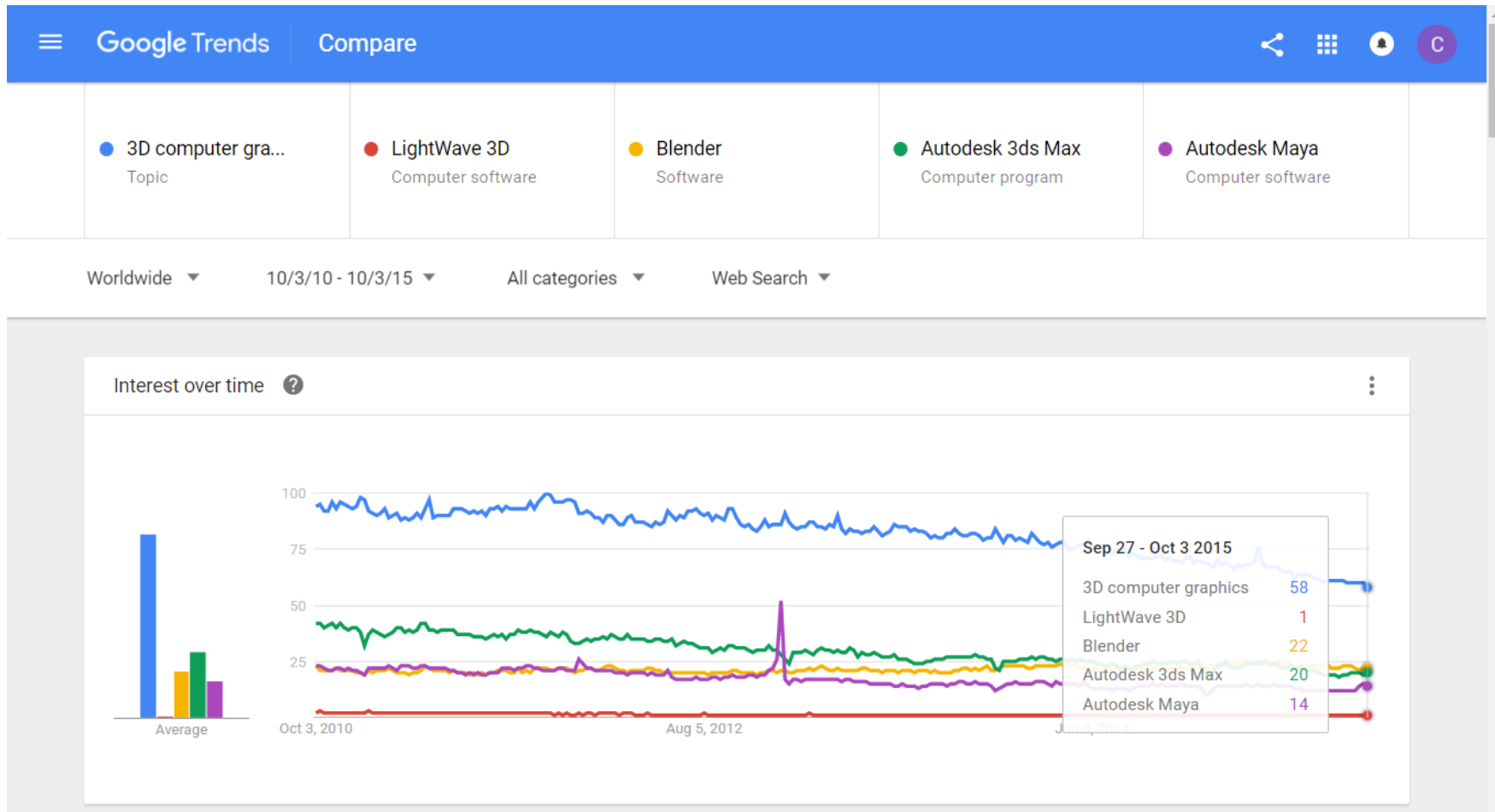


Figura 23: Resultados a nivel mundial de Google Trends de los términos 3D computer graphics, LightWave3D, Blender, Autodesk 3ds Max y Autodesk Maya
Fuente: (Alphabet Inc., 2015a)

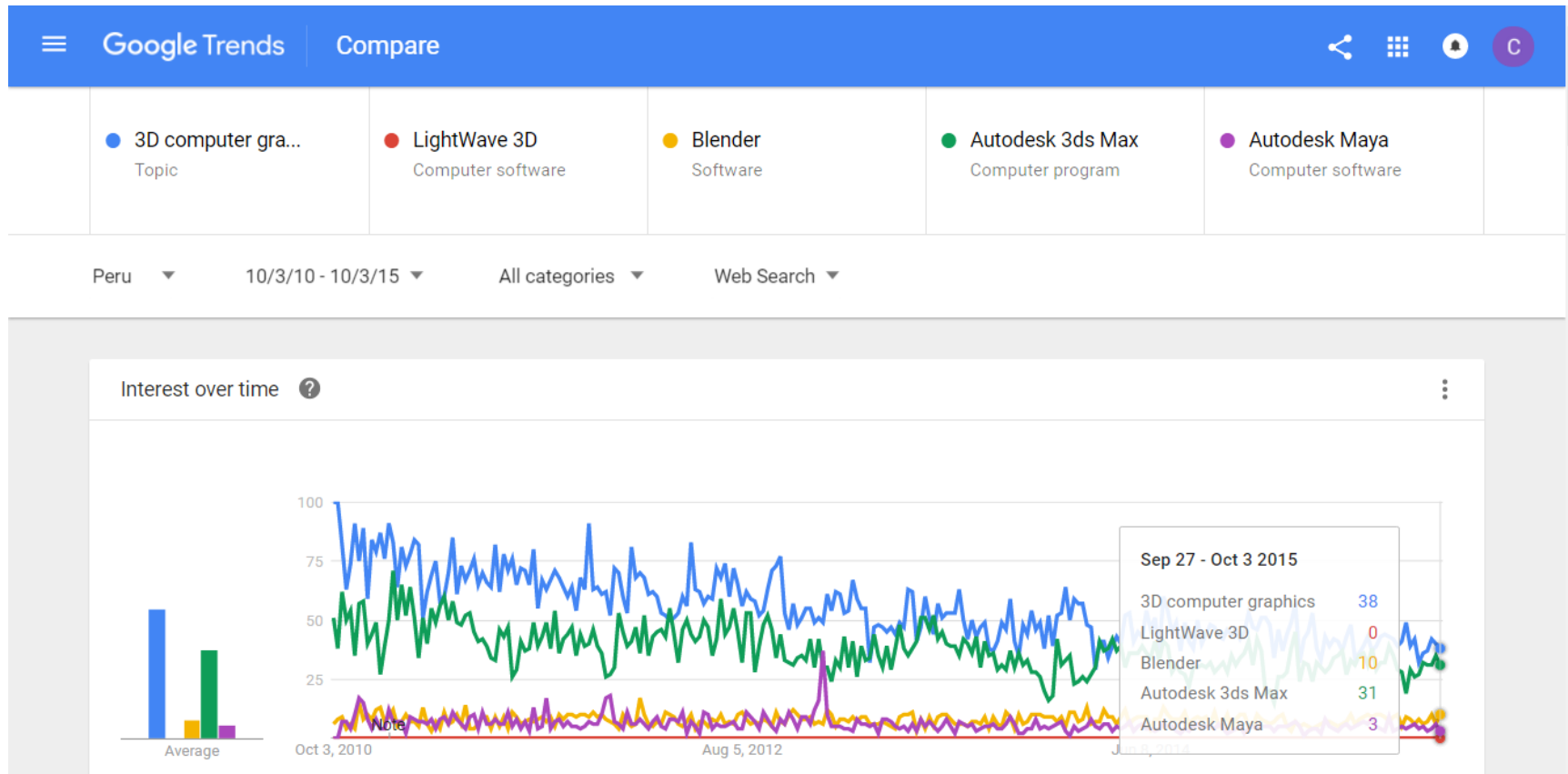


Figura 24: Resultados en Perú de Google Trends de los términos 3D computer graphics, LightWave3D, Blender, Autodesk 3ds Max y Autodesk Maya

Fuente: (Alphabet Inc., 2015b)

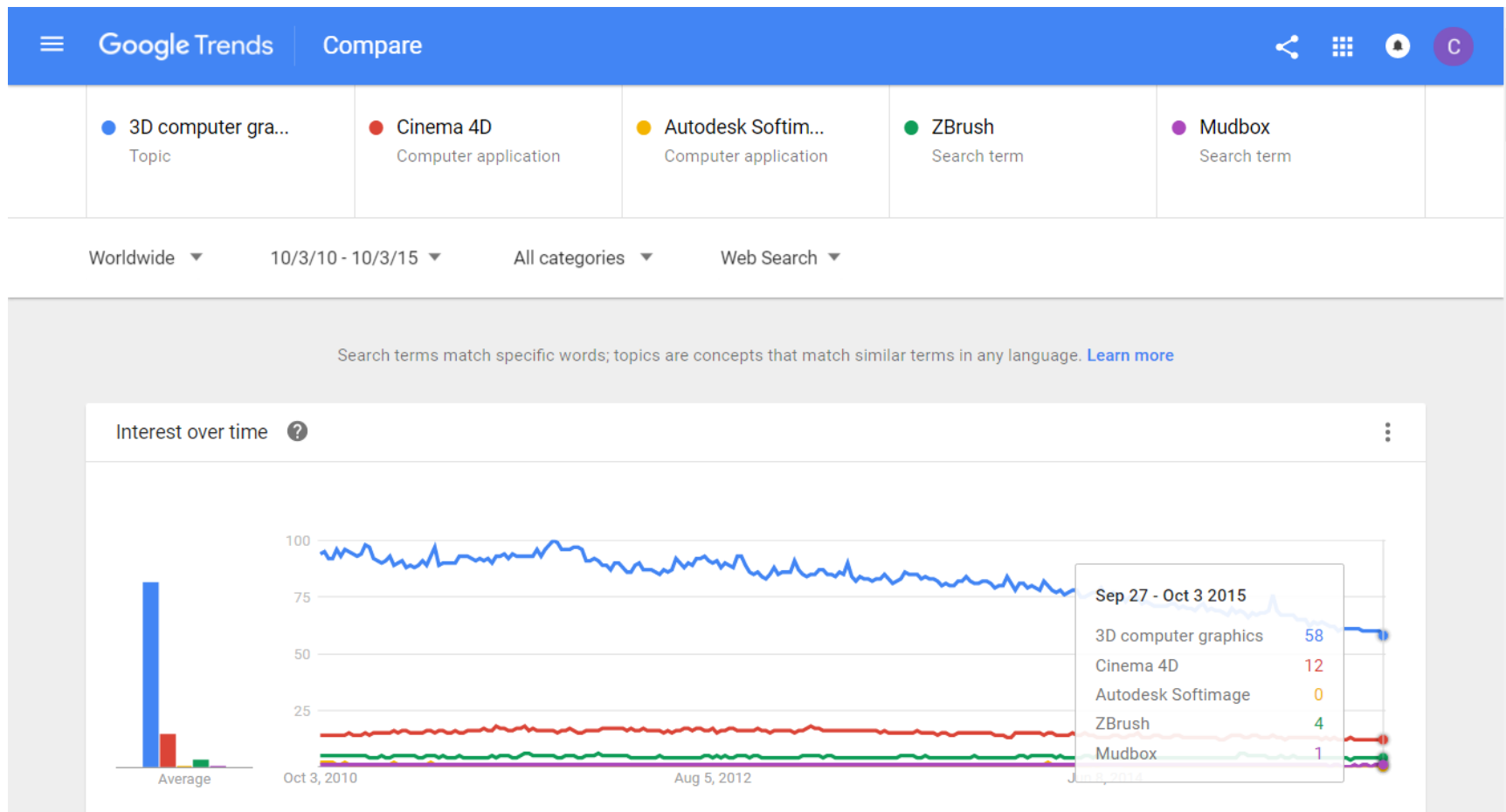


Figura 25: Resultados a nivel mundial de Google Trends de los términos 3D computer graphics, Cinema 4D, Autodesk Softimage, ZBrush y Mudox
Fuente: (Alphabet Inc., 2015c)

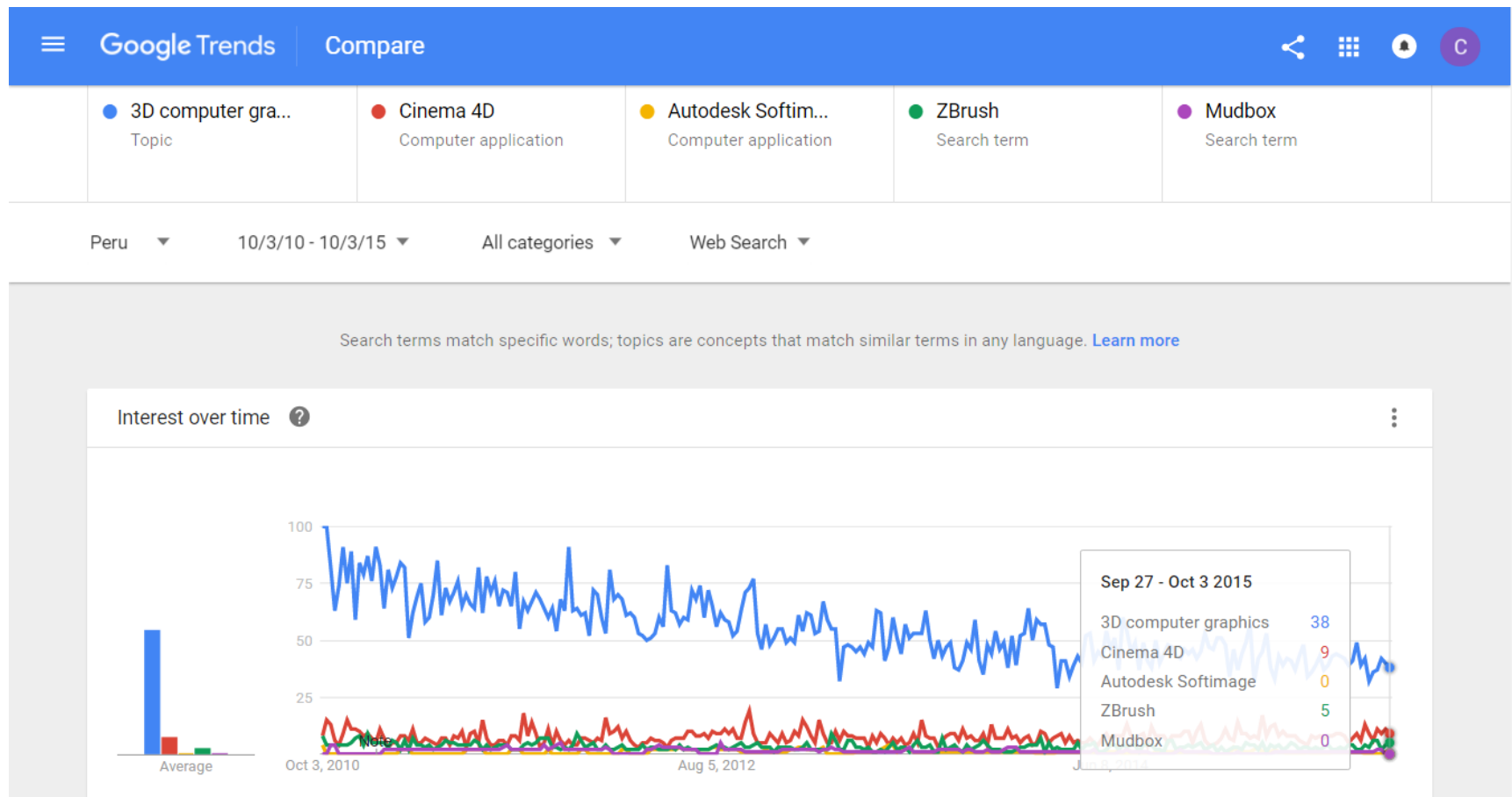


Figura 26: Resultados en Perú de Google Trends de los términos 3D computer graphics, Cinema 4D, Autodesk Softimage, ZBrush y Mudox

Fuente: (Alphabet Inc., 2015d)

Los resultados de “Interest over time” de las figuras 23, 24, 25 y 26 son colocados en la tabla 5 y ordenados de mayor a menor; se observa que los 5 softwares con mayor popularidad a nivel mundial también lo son en Perú.

Tabla 5: Resultados de Google Trends de la semana del 27 de setiembre al 3 de octubre del 2015

Fuente: Adaptado de (Alphabet Inc., 2015a), (Alphabet Inc., 2015b), (Alphabet Inc., 2015c) y (Alphabet Inc., 2015d)

	A nivel Mundial	Perú
3D computer graphics	58	38
Blender	22	10
Autodesk 3DS Max	20	31
Autodesk Maya	14	3
Cinema 4D	12	9
Zbrush	4	5
LightWave3D	1	0
Mudox	1	0
Autodesk Softimage	0	0

Así mismo, los softwares Blender, Autodesk 3DS Max, Autodesk Maya, Cinema 4D y ZBrush se mantienen como los 5 softwares más populares en la brecha del tiempo del 3 de octubre del 2010 al 3 de octubre del 2015. Ver figuras 23, 24, 25 y 26.

Es así que, los softwares elegidos para el análisis en el paso 3 son:

- Blender
- Autodesk 3ds Max
- Autodesk Maya
- Cinema 4D
- Zbrush

❖ **Paso 3**

- **Análisis Cualitativo**

- **Características de los computer graphics software**

En la tabla 6 se mencionan las características – licencia, capacidad de realizar gráficos complejos y manuales – de los softwares elegidos en el paso anterior.

Tabla 6: Características de los softwares de modelado 3D
Elaboración Propia

	3DS Max	Blender	Cinema 4D	Maya	ZBrush
Licencia	Pago por licencia. Libre por 3 años para estudiantes	Libre de pago	Pago por licencia. Libre por 3 años para estudiantes de universidades afiliadas a Maxon. La Universidad Nacional de Ingeniería no figura en la lista de universidades afiliadas.	Pago por licencia. Libre por 3 años para estudiantes	Pago por licencia, con descuento para estudiantes.

Capacidad de realizar gráficos complejos	Sí	No	Sí	Sí	Sí
Manuales	Sí	Sí (sin embargo con la última actualización de versión del software, no se da soporte a los manuales de las versiones anteriores)	Sí	Sí	Sí (sin embargo con la última actualización de versión del software, no se da soporte a los manuales de las versiones anteriores)

- **Análisis Cuantitativo**
 - **Matriz de confrontación**

En la matriz de confrontación, tabla 7, se observa que la característica más importante es “Licencia”, con un peso del 0.55, seguido de “Capacidad de realizar gráficos complejos”, con un peso de 0.38; y por último se tiene al factor “Manuales”, con un peso de 0.07. Cabe resaltar, que la suma total debe de ser 1.

Tabla 7: Matriz de confrontación de softwares de modelado 3D
Elaboración Propia

	Licencia	Capacidad de realizar gráficos complejos	Manuales	Conteo	Peso
Licencia	X	2	3	5.00	0.55
Capacidad de realizar gráficos complejos	1/2	X	3	3.50	0.38
Manuales	1/3	1/3	X	0.67	0.07
				9.17	1.00

- **Matriz de evaluación**

El detalle de valoración de cada factor se detalla en la tabla 8.

Tabla 8: Detalle de valoración de las características a evaluar para escoger la herramienta 3D computer graphics
Elaboración propia

Licencia	5	Libre de pago
	4	Libre de pago por ser estudiante por un periodo mayor a 24 meses
	3	Libre de pago por ser estudiante por un periodo menor o igual a 24 meses
	2	Pago por licencia, con descuento por ser estudiante
	1	Pago por licencia.
Capacidad de realizar gráficos complejos	5	Sí
	1	No
Manuales	5	Sí
	3	Sí (sin embargo con la última actualización de versión del software, no se da soporte a los manuales de las versiones anteriores)
	1	No

La matriz de evaluación se muestra en la tabla 9.

Tabla 9: Matriz de evaluación de 3D computer graphics softwares
Elaboración Propia

	Peso del Factor	3ds Max		Blender		Cinema 4D		Maya		Zbrush	
		Calificación	Valor pond.	Calificación	Valor pond.	Calificación	Valor pond.	Calificación	Valor pond.	Calificación	Valor pond.
Licencia	0.55	4	2.18	5	2.73	1	0.55	4	2.18	2	1.09
Capacidad de realizar gráficos complejos	0.38	5	1.91	1	0.38	5	1.91	5	1.91	5	1.91
Manuales	0.07	5	0.36	3	0.22	5	0.36	5	0.36	3	0.22
			4.45		3.33		2.82		4.45		3.22

❖ Paso 4

Se toma la decisión, del software a ser utilizado para la creación de los modelos 3D, en base al mayor puntaje de la matriz de evaluación, tabla 9. Los softwares 3DS Max y Maya lograron el mayor puntaje de 4.45; debido al empate, la decisión final se basa en el software que ha sido utilizado en las películas que han sido nominadas al Óscar en el año 2015.

Todas las películas nominadas al Óscar 2015 en la categoría Visual Effects fueron realizadas con Autodesk Maya (Dager, 2015). Las películas son (Oscar, 2015a):

- Captain America: The Winter Soldier
- Dawn of the Planet of the Apes
- Guardians of the Galaxy
- **WINNER:** Interstellar
- X-Men: Days of Future Past

Además cuatro de las cinco películas nominadas a Best Animated Feature también utilizaron Autodesk Maya (Dager, 2015), las cuáles son (Oscar, 2015b):

- **WINNER:** Big Hero 6
- The Boxtrolls
- How to Train Your Dragon 2
- The Tale of the Princess Kaguya

La otra película nominada fue Song of the Sea (Oscar, 2015b); la cuál es una película en 2D.

Así mismo, dos de las cinco películas nominadas a Animated Short Film también utilizaron Autodesk Maya (Dager, 2015), las cuáles son (Oscar, 2015c):

- The Dam Keeper
- **WINNER:** Feast

Las otras tres películas nominadas a a Animated Short Film son (Oscar, 2015c):

- The Bigger Picture, realizada combinando pinturas en 2D y un títere en tamaño real (CNN, 2015)
- Me and My Moulton, película animada en 2D.
- A Single Life, realizada con Cinema 4D (Maynard, 2015).

Siete de las ocho películas nominadas a Best Picture en los Óscar 2015 también utilizaron Autodesk Maya (Dager, 2015), las cuáles son: (Oscar, 2015d)

- American Sniper
- **WINNER:** Birdman or (The Unexpected Virtue of Ignorance)
- Boyhood
- The Grand Budapest Hotel
- The Imitation Game
- Selma
- The Theory of Everything

La otra película nominada en esta categoría es Whiplash (Oscar, 2015d).

Como se puede observar, la mayoría de las películas nominadas y ganadoras del Óscar 2015 en las categorías Visual Effects, Best Animated Feature, Animated Short Film y Best Picture fueron realizadas con Autodesk

Maya; es por esto que el 3D computer graphic software elegido para realizar los modelos 3D de AUREDÚ es Autodesk Maya.

3.2.2 Selección de la herramienta Game Engine

Para crear AUREDÚ, se necesita un Game Engine software que provea de un motor de renderizado, detección de colisiones, animaciones, etc.

❖ Paso 1

Se nombrará tres páginas web encontradas en Internet al buscar game engine softwares; además, se enlistará los softwares que se encuentran en las páginas web.

➤ Página web 1:

http://www.worldofleveldesign.com/categories/level_design_tutorials/recommended-game-engines.php

La lista de IDE softwares encontrados en la página web son (Galuzin, 2015):

- Blender
- CryEngine
- Hero Engine
- Leadwerks
- Ogre3D
- Panda 3D
- Torque3D
- Unity 3D
- Unreal Engine
- Entre otros

➤ **Página web 2:**

<http://retronuke.com/list-game-development-creation-software/>

La lista de IDE softwares encontrados en la página web son (Harr, 2016):

- Blender
- Clickteam
- Construct 2
- Corona
- CryEngine
- Delta 3D
- Esenthel
- GameSalad
- Leadwerks
- MonoGame
- Oxygine
- PlayCanvas
- Unity
- Unreal Engine
- Entre otros

➤ **Página web 3:**

<https://www.slant.co/topics/1495/~3d-game-engines>

La lista de game engine softwares encontrados en la página web son (Slant, 2016):

- 3D Game Studio
- AppGameKit
- Blender

- CryEngine
- Delta
- Esenthel
- Goo Create
- HeroEngine
- JMonkeyEngine
- Leadwerks
- Panda3D
- PlayCanvas
- Sylphis3D
- Torque3D
- Unity
- Unreal Engine
- Vision Engine
- Entre otros

Los Game Engine softwares en común en las tres páginas son:

- Blender
- CryEngine
- Leadwerks
- Unity
- Unreal Engine

❖ Paso 2

Se evalúa la tendencia de la popularidad de los últimos 5 años. La evaluación se realizó el 5 de Setiembre del 2015.

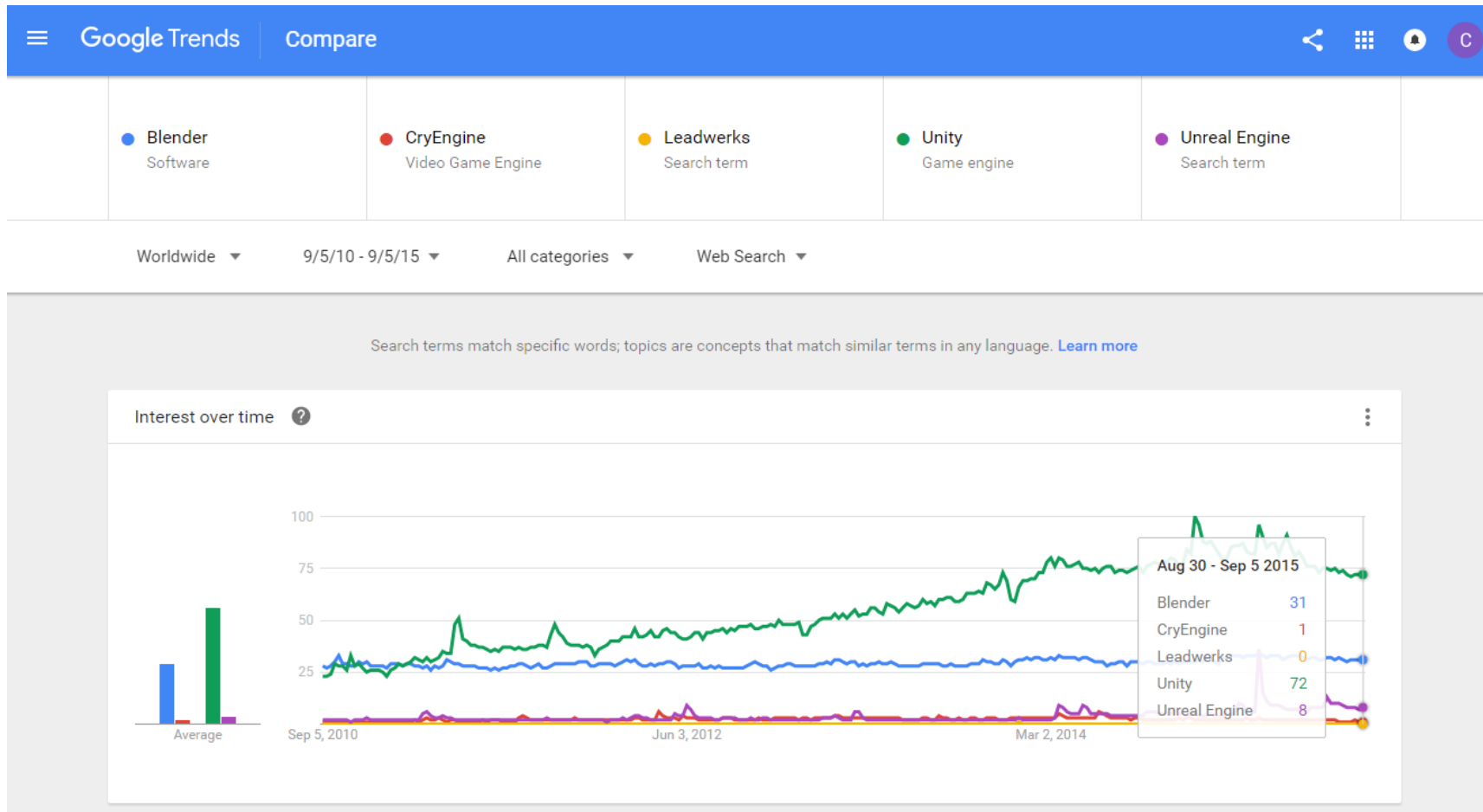


Figura 27: Resultados a nivel mundial de Google Trends de los términos Blender, CryEngine, Leadwerks, Unity, Unreal Engine

Fuente: (Alphabet Inc., 2015e)

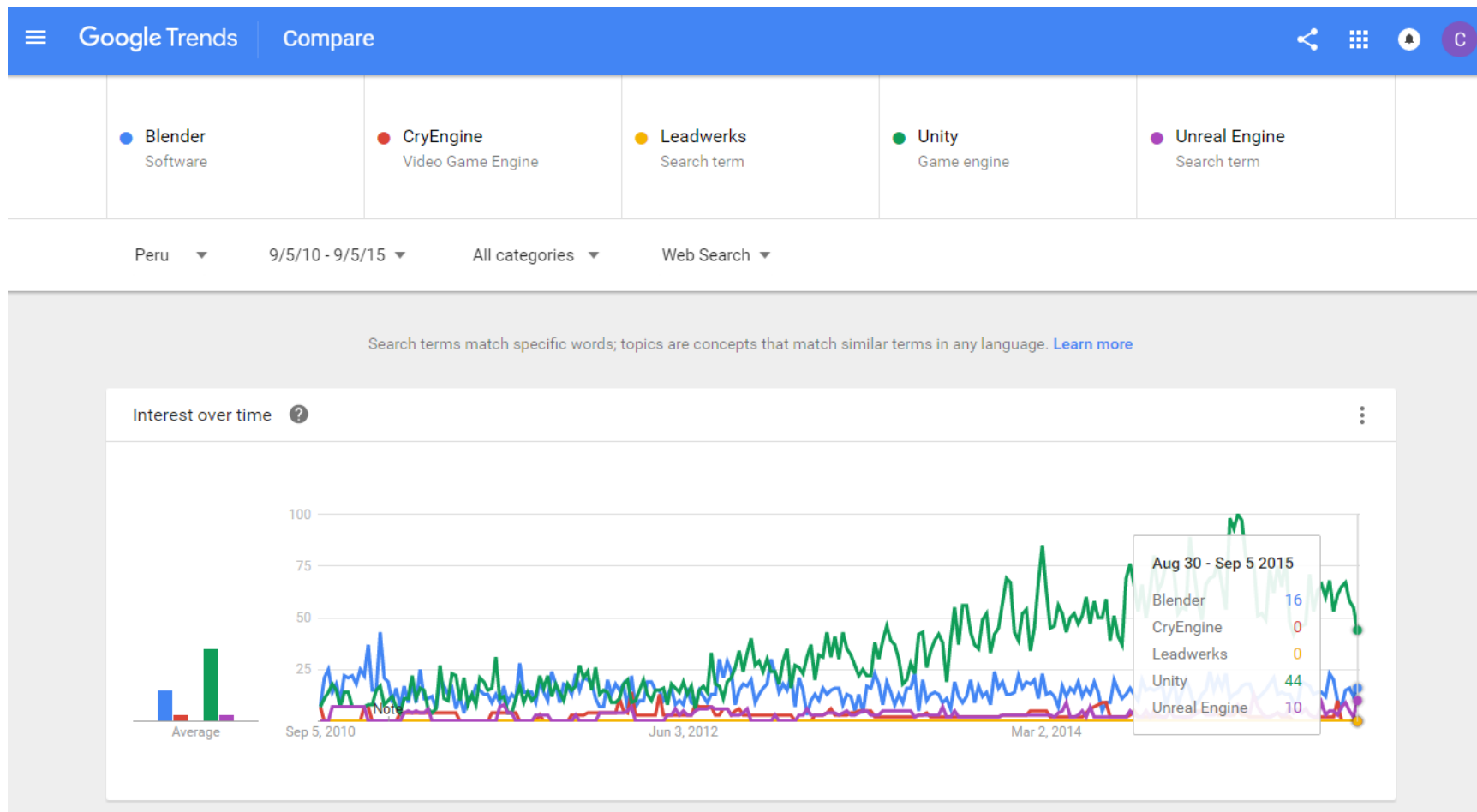


Figura 28: Resultados en Perú de Google Trends de los términos Blender, CryEngine, Leadwerks, Unity, Unreal Engine
Fuente: (Alphabet Inc., 2015f)

Los resultados de “Interest over time” de las figuras 27 y 28 son colocados en la tabla 10 y ordenados de mayor a menor; se observa que los 5 softwares con mayor popularidad a nivel mundial también lo son en Perú.

Tabla 10: Resultados de Google Trends de la semana del 30 de Agosto al 5 de Setiembre del 2015

Fuente: Adaptado de (Alphabet Inc., 2015e) (Alphabet Inc., 2015f)

	A nivel Mundial	Perú
Unity	72	44
Blender	31	16
Unreal Engine	8	10
CryEngine	1	0
Leadwerks	0	0

Así mismo, al analizar las tendencias, en las figuras 27 y 28, los tres softwares más populares en la tabla 10 se mantienen como los más populares en la brecha del tiempo del 30 de agosto del 2010 al 5 de Setiembre del 2015.

Es así que, los softwares elegidos para el análisis en el paso 3 son:

- Blender
- Unity
- Unreal Engine

❖ Paso 3

- **Análisis Cualitativo**
 - **Características de los Game Engine softwares**

En la tabla 11 se mencionan las características – licencia, manuales y memoria RAM – de los softwares elegidos en el paso anterior.

Tabla 11: Características de los Game Engine softwares
Elaboración Propia

	Blender	Unity	Unreal Engine
Licencia	Libre	La modalidad personal es gratuita, para acceder a mayores funcionalidades, se debe de realizar un pago.	Libre (*)
Manuales	Sí (sin embargo con la última actualización de versión del software, no se da soporte a los manuales de las versiones anteriores)	Sí	Sí (sin embargo con la última actualización de versión del software, no se da soporte a los manuales de las versiones anteriores)
Memoria RAM	2GB	2GB	8GB

(*) Se debe de realizar un pago del 5% en regalías cuando la comercialización supera los \$3000; sin embargo, como el fin de la presente tesis no es la comercialización de AUREDUC, no se considerará el pago de regalías para la toma de decisión del Game Engine Software.

Blender no construye directamente aplicativos para los sistemas operativos Android, para mayor información acceder a los enlaces:
<https://www.youtube.com/watch?v=U8RzsJfh3Gc&feature=youtu.be>
https://www.youtube.com/watch?v=Anua-a_ad-w&feature=youtu.be
https://www.youtube.com/watch?v=DMsdzF_JFpQ

<https://www.youtube.com/watch?v=4MP-AJOBpMs&t=1007s> es por ello que se descarta su uso, y ya no será analizado; la decisión del game engine software elegido será entre Unity y Unreal Engine.

- **Análisis Cuantitativo**
 - **Matriz de confrontación**

En la matriz de confrontación, tabla 12, se observa que la característica más importante es “Licencia”, con un peso de 0.55; en segundo lugar, se encuentra la “Memoria RAM” (recomendada para su instalación), con un peso de 0.38; y, por último, “Manuales”, con un peso de 0.07. Cabe resaltar, que la suma total debe de ser 1.

Tabla 12: Matriz de confrontación de softwares de modelado 3D
Elaboración Propia

	Licencia	Manuales	Memoria RAM	Conteo	Peso
Licencia	X	3	2	5.00	0.55
Manuales	1/3	X	1/3	0.67	0.07
Memoria RAM	1/2	3	X	3.50	0.38
				9.17	1.00

- **Matriz de evaluación**

El detalle de valoración de cada factor se detalla en la tabla 13.

Tabla 13: Detalle de valoración de las características a evaluar para escoger la herramienta Game Engine
Elaboración propia

Licencia	5	Libre de pago
	4	Libre de pago por ser estudiante
	3	Libre de pago; sin embargo para acceder todas sus funcionalidades hay que realizar un pago.
	2	Pago por licencia, con descuento por ser estudiante
	1	Pago por licencia
Manuales	5	Sí
	3	Sí (sin embargo con la última actualización de versión del software, no se da soporte a los manuales de las versiones anteriores)
	1	No
Memoria RAM	5	Máximo 2GB
	3	Mayor a 2GB y menor o igual a 4GB
	1	Mayor a 4GB

La matriz de evaluación se muestra en la tabla 14.

Tabla 14: Matriz de evaluación de los game engine softwares
Elaboración Propia

	Peso del Factor	Unity		Unreal Engine	
		Calificación	Valor pond.	Calificación	Valor pond.
Licencia	0.29	3	0.87	5	1.45
Manuales	0.05	5	0.25	3	0.15
Memoria RAM	0.22	5	1.10	1	0.22
			4.42		4.02

❖ Paso 4

Se toma la decisión en base al mayor puntaje de la matriz de evaluación de los game engine softwares. Según los resultados obtenidos en la tabla 15, el software con mayor puntaje, y por ende el elegido, es Unity.

3.2.3 Selección de la herramienta IDE

Para crear los scripts de AURED, se necesita un IDE.

❖ Paso 1

Se nombrará dos páginas web encontradas en Internet al buscar IDEs compatibles con Unity; además, se enlistará los softwares que se encuentran en las páginas web.

➤ Página web 1:

<http://stackoverflow.com/questions/16984392/can-you-recomment-a-better-ide-for-unity-c-sharp-coding>

La lista de IDEs encontrados en la página web son (Stackoverflow, 2013a):

- Consulo
- Monodevelop
- Sharpdevelop
- Visual Studio

➤ **Página web 2:**

<https://forum.unity3d.com/threads/sharpdevelop-and-unity.209937/>

La lista de IDEs encontrados en la página web son (Unity forum, 2013):

- Monodevelop
- Sharpdevelop
- Visual Studio

Los softwares en común en las dos páginas web son:

- Monodevelop
- Sharpdevelop
- Visual Studio

❖ **Paso 2**

Se evalúa la tendencia de la popularidad de los últimos 5 años. La evaluación se realizó el 30 de Enero del 2016.

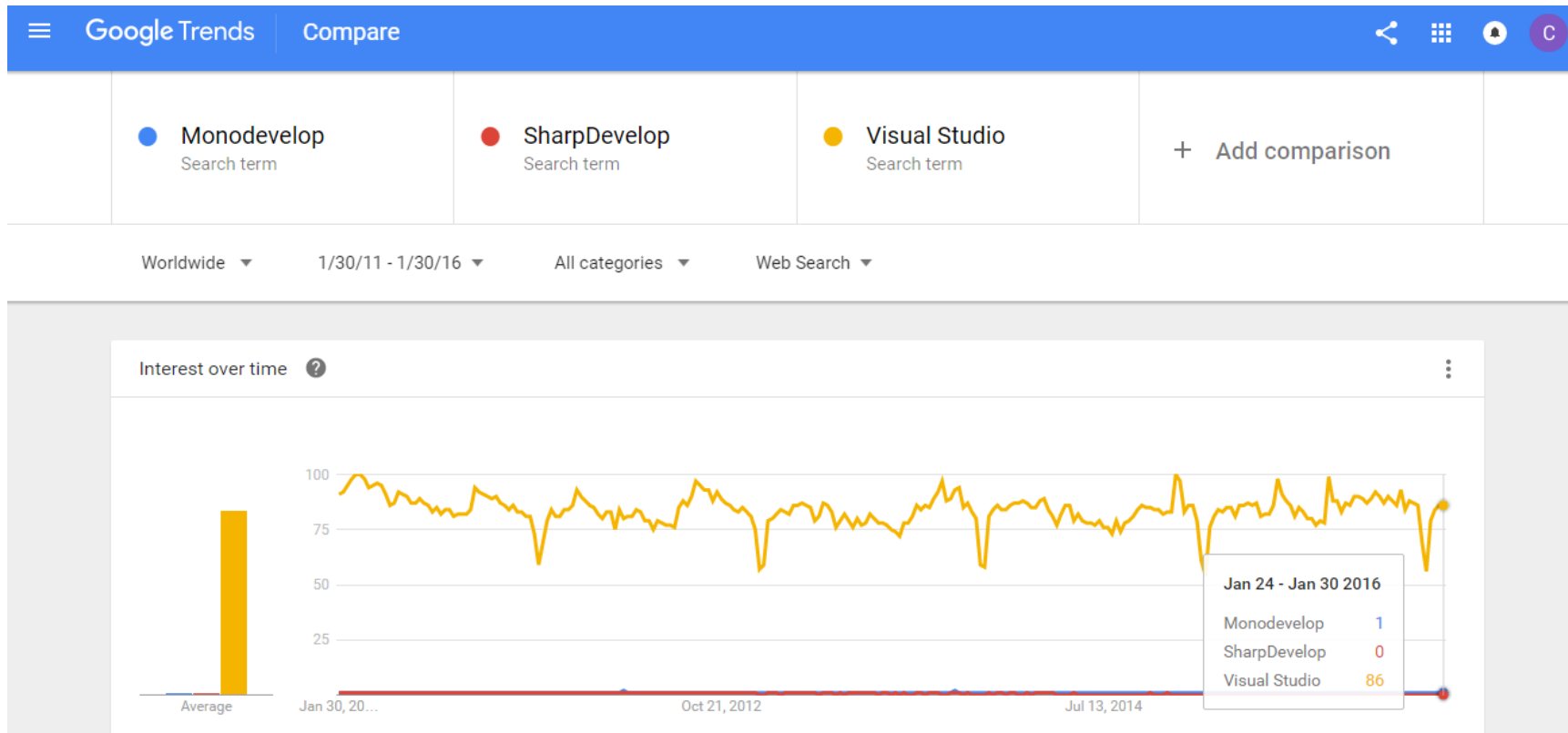


Figura 29: Resultados a nivel mundial de Google Trends de los términos Monodevelop, SharpDevelop y Visual Studio
Fuente: (Alphabet Inc., 2016a)

Google Trends Compare

● Monodevelop Search term
● SharpDevelop Search term
● Visual Studio Search term
+ Add comparison

Peru 1/30/11 - 1/30/16 All categories Web Search

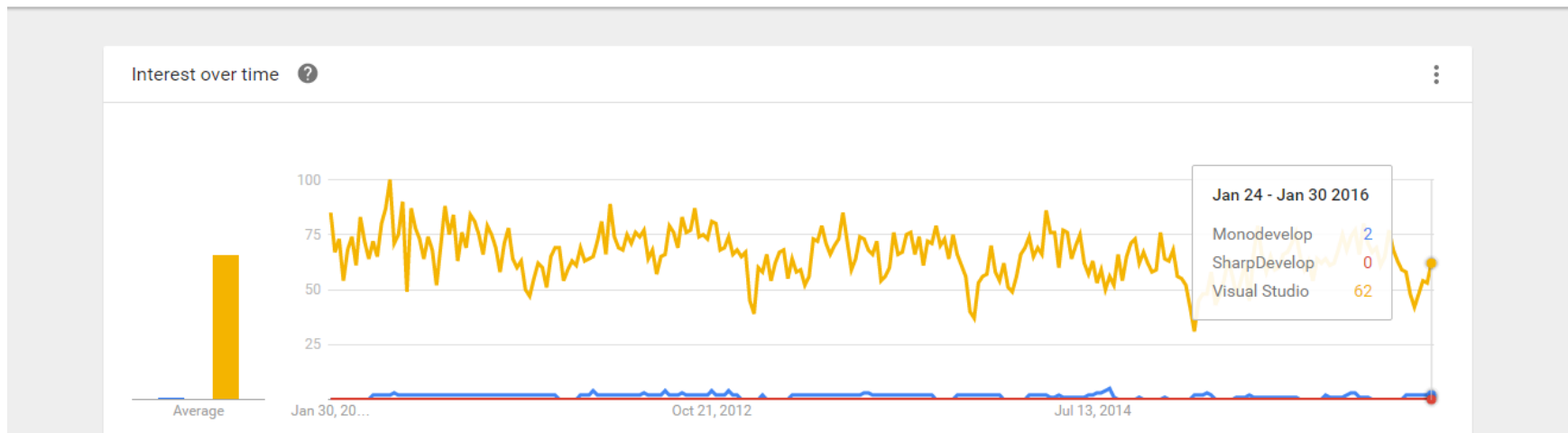


Figura 30: Resultados en Perú de Google Trends de los términos Monodevelop, SharpDevelop y Visual Studio
 Fuente: (Alphabet Inc., 2016b)

Los resultados de “Interest over time” de las figuras 29 y 30 son colocados en la tabla 15, y se ordenan de mayor a menor a nivel mundial; se observa que el software con mayor popularidad a nivel mundial y en Perú es Visual Studio por una gran diferencia contra los otros dos softwares, sin embargo, se analizará a Visual Studio y Monodevelop – el segundo IDE más popular, en comparación a Visual Studio, a nivel mundial y en Perú – para poder tomar una decisión, del IDE a usar, por las características que tenga y no solo por la popularidad de búsqueda en Internet.

Tabla 15: Resultados de Google Trends de la semana del 24 de enero al 30 de enero del 2016

Fuente: Adaptado de (Alphabet Inc., 2016a) y (Alphabet Inc., 2016b)

	A nivel Mundial	Perú
Visual Studio	86	62
Monodevelop	1	2
SharpDevelop	0	0

❖ Paso 3

- **Análisis Cualitativo**
 - **Características de los IDE Softwares**

En la tabla 16 se mencionan las características – licencia, manuales y memoria RAM – de los softwares elegidos en el paso anterior.

Tabla 16: Características de los IDE
Elaboración propia

	Monodevelop	Visual Studio
Licencia	Libre de pago	Libre de pago con una cuenta de correo electrónico de la empresa dueña del software
Manuales	Brinda listado de sus funcionalidades técnicas, sin entrar en detalles	Sí
Memoria RAM	Menor a 0.1GB	1GB

- **Análisis Cuantitativo**
 - **Matriz de confrontación**

En la matriz de confrontación, tabla 17, se observa que el factor más importante es “Memoria RAM” (recomendada para su instalación), con un peso del 0.55; seguido de “Licencia”, con un peso de 0.38; y, por último, “Manuales”, con un peso de 0.07. Cabe resaltar, que la suma total debe de ser 1.

Tabla 17: Matriz de confrontación de IDE softwares
Elaboración Propia

	Licencia	Manuales	Memoria RAM	Conteo	Peso
Licencia	X	3	1/2	3.50	0.38
Manuales	1/3	X	1/3	0.67	0.07
Memoria RAM	2	3	X	5.00	0.55
				9.17	1.00

- **Matriz de evaluación**

El detalle de valoración de cada factor se detalla en la tabla 18.

Tabla 18: Detalle de la valoración de las características a evaluar para escoger la herramienta IDE
Elaboración Propia

Licencia	5	Libre de pago
	4	Libre de pago con una cuenta de correo electrónico de la empresa dueña del software.
	3	Libre de pago por ser estudiante
	2	Licencia pagada, con descuento por ser estudiante
	1	Licencia pagada
Manuales	5	Sí
	4	Sí, pero no contiene todas las funcionalidades técnicas.
	3	Sí (sin embargo con la última actualización de versión del software, no se da soporte a los manuales de las versiones anteriores)
	2	Brinda listado de sus funcionalidades técnicas, sin entrar en detalles.
	1	No
Memoria RAM	5	Menor o igual a 0.5 Gb
	3	Mayor a 0.5 Gb y menor igual a 1 Gb.
	1	Mayor a 1 Gb

La matriz de evaluación se muestra en la tabla 19.

Tabla 19: Matriz de evaluación de los Game Engine softwares
Elaboración Propia

	Peso del Factor	Monodevelop		Visual Studio	
		Calificación	Valor pond.	Calificación	Valor pond.
Licencia	0.38	5	1.90	4	1.52
Manuales	0.07	2	0.14	5	0.35
Memoria RAM	0.55	5	2.75	3	1.65
			4.79		3.52

❖ Paso 4

Se toma la decisión en base al mayor puntaje de la matriz de evaluación de los IDE. Según los resultados obtenidos en la tabla 19, el IDE con mayor puntaje – por ende, el elegido – es Monodevelop.

3.2.4 Selección de la herramienta Augmented Reality SDK

Para crear AURED, se necesita un Augmented Reality SDK que permita la construcción del aplicativo AURED con propiedades de realidad aumentada.

❖ Paso 1

Se nombrará tres páginas web encontradas en Internet al buscar Augmented Reality SDK software; además, se enlistará los softwares que se encuentran en las páginas web.

➤ **Página web 1:**

<http://stackoverflow.com/questions/1939318/augmented-reality-framework>

La lista de Augmented Reality SDK softwares encontrados en la página web son (Stackoverflow, 2013b):

- AR23D
- IN2AR
- Metaio
- NyARToolkit
- Vuforia
- Wikitude
- Entre otros

➤ **Página web 2:**

<http://socialcompare.com/en/comparison/augmented-reality-sdks>

La lista de Augmented Reality SDK softwares encontrados en la página web son (SocialCompare, 2013):

- ARcrowd
- ARmedia
- D'Fusion
- IN2AR
- LinceoVR
- Metaio
- NyARToolkit
- Vuforia
- Wikitude
- Entre otros

➤ **Página web 3:**

<http://www.icg.tugraz.at/Members/gerhard/augmented-reality-sdks>

La lista de Augmented Reality SDK softwares encontrados en la página web son (Reitmayr, 2011):

- 3DAR
- ALVAR
- D'Fusion
- IN2AR
- Layar
- Metaio
- Minerva
- NyARToolkit
- Vuforia
- Wikitude
- Win AR
- Entre otros

Los Augmented Reality SDK softwares en común en las tres páginas son:

- IN2AR
- Metaio
- NyARToolkit
- Vuforia
- Wikitude

❖ **Paso 2**

Se evalúa la tendencia de la popularidad de los últimos 5 años. La evaluación se realizó el 1 de mayo del 2016

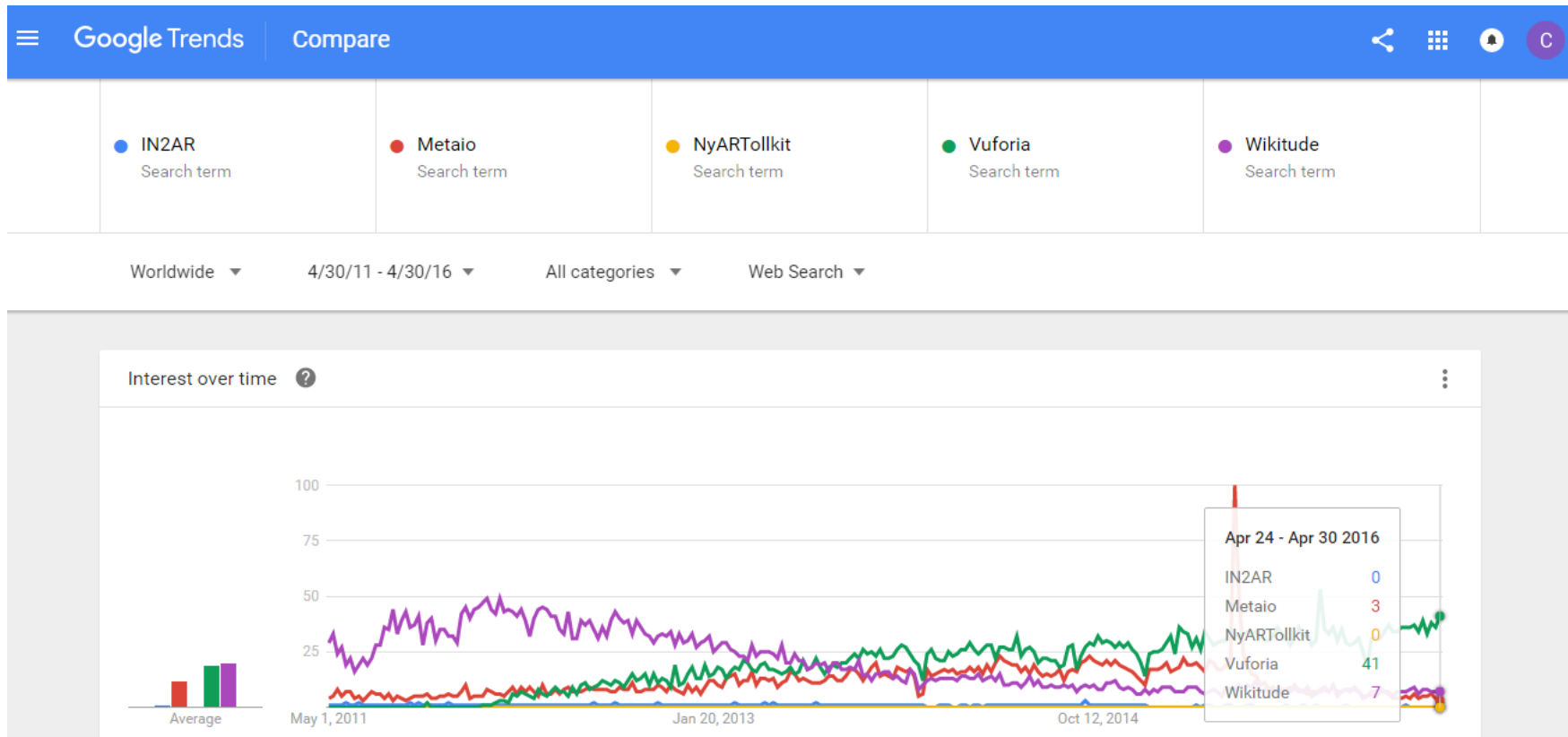


Figura 31: Resultados a nivel mundial de Google Trends de los términos IN2AR, Metaio, NyARToolKit, Vuforia y Wikitude
Fuente: (Alphabet Inc., 2016c)

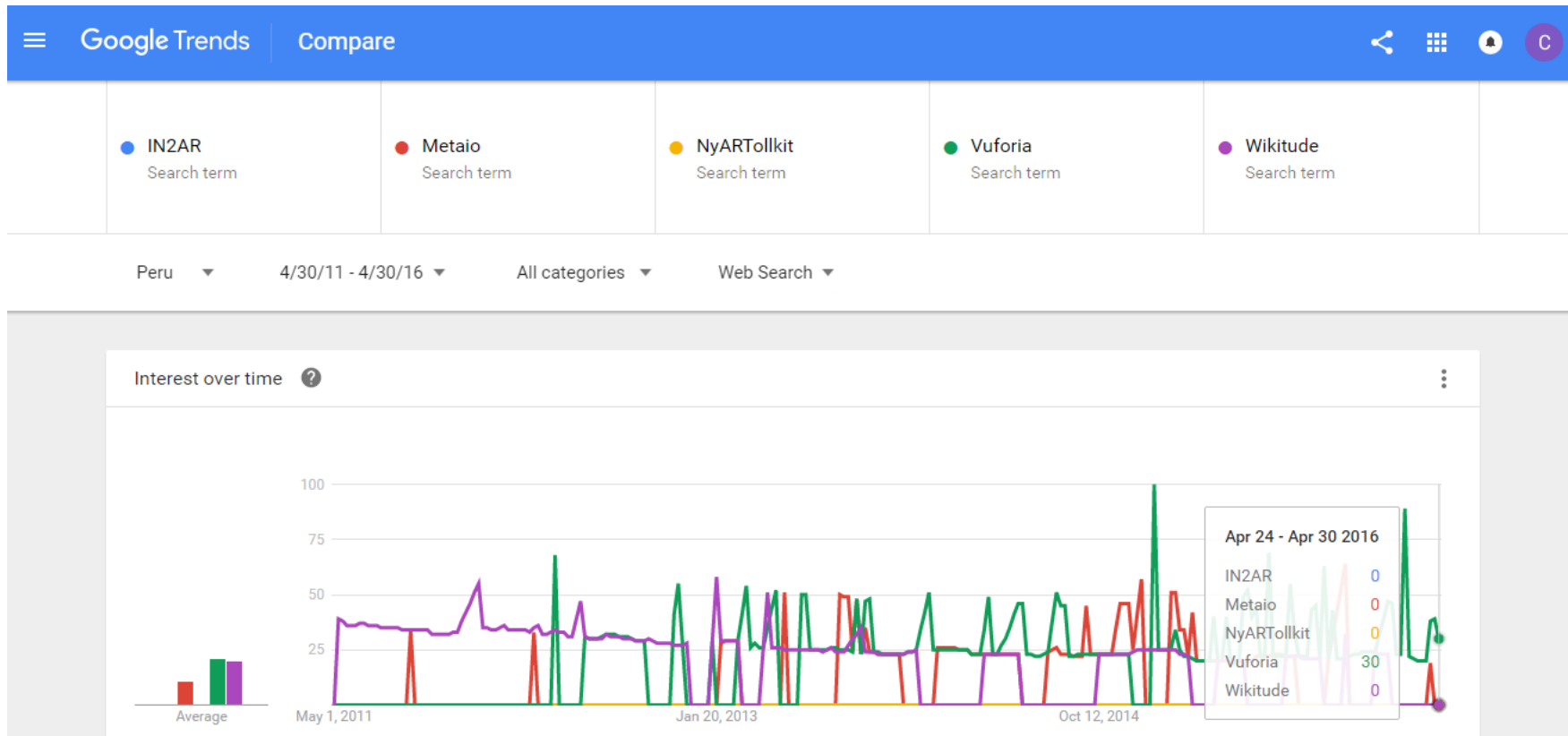


Figura 32: Resultados en el Perú de Google Trends de los términos IN2AR, Metaio, NyARToolKit, Vuforia y Wikitude
 Fuente: (Alphabet Inc., 2016d)

Los resultados de “Interest over time” de las figuras 31 y 32; son colocados en la tabla 20 y se ordenan de mayor a menor a nivel mundial.

Tabla 20: Resultados de Google Trends de la semana del 24 de abril del 2016 al 30 de abril del 2016

Fuente: Adaptado de (Alphabet Inc., 2016c) (Alphabet Inc., 2016d)

	A nivel Mundial	Perú
Vuforia	41	30
Wikitude	7	0
Metaio	3	0
IN2AR	0	0
NyARToolkit	0	0

Como se aprecia en la tabla 20 el software más buscado a nivel mundial y en Perú es Vuforia por una gran diferencia contra los otros dos softwares; sin embargo, para tomar una decisión basada no solo en la popularidad de búsqueda del software sino también por sus características, se seleccionarán a los tres softwares más buscados a nivel mundial para su análisis.

Los softwares elegidos para el análisis en el Paso 3 son:

- Metaio
- Vuforia
- Wikitude

❖ Paso 3

- **Análisis Cualitativo**
 - **Características de los Augmented Reality SDK Softwares**

En la tabla 21 se mencionan las características – vigente en el mercado, licencia, compatible con Android y manuales – de los softwares elegidos en el paso anterior.

Tabla 21: Características de los Augmented Reality SDK softwares
Elaboración Propia

	Metaio	Vuforia	Wikitude
Vigente en el Mercado	No	Sí	Sí
Licencia	Pago por licencia	Libre	Pago por licencia
Compatible con Android	No	Sí	Sí
Manuales	Sí se tiene una cuenta	Sí	Sí

Debido a que Metaio es un producto discontinuado, no será analizado, se descartará su uso, esto genera que el único factor diferencial es la licencia. Con Vuforia se puede construir AUREDU de manera gratuita, en cambio al usar Wikitude, se deberá realizar un pago, de al menos, 2490 € anuales.

❖ Paso 4

Debido a que el precio de licencia es el único factor diferencial, Vuforia es seleccionado como el software de Augmented Reality SDK que se utilizará en el desarrollo.

3.3 Análisis de los requisitos de AUREDU

En esta sección se enlista los requisitos funcionales y no funcionales que AUREDU debe de cumplir.

3.3.1 Requisitos funcionales

- **Reconocimiento del target:** AUREDU debe de reconocer siempre el target que se le asigne y permitir la visualización del modelo 3D asignado al target; así mismo, los valores de los parámetros del modelo

3D deberán de ser reiniciados al momento que AUREDUE deje de reconocer el target; es decir, el modelo 3D deberá de volver a su posición y escala original – antes de la traslación, rotación y ampliación o reducción del modelo 3D.

- **Visualización de conceptos del sistema mostrado en AUREDUE:** AUREDUE debe contar con la capacidad de mostrar un concepto del sistema; así como conceptos de sus elementos.
- **Capacidad de desplazamiento, rotación y zoom del modelo 3D:** AUREDUE debe de permitir al usuario la capacidad de desplazar, rotar 360° y aumentar o reducir la escala (zoom) del modelo 3D; para que se pueda visualizar el modelo desde distintas perspectivas.
- **Visualización de las partes del modelo 3D:** Para un mayor entendimiento de parte del usuario, AUREDUE debe de contar con la capacidad de mostrar etiquetas de los elementos del sistema mostrado.

3.3.2 Requisitos no funcionales

- **Operatividad:** AUREDUE debe de ser un aplicativo que funcione de manera continua cuando el usuario lo está utilizando.
- **Facilidad de Uso:** AUREDUE debe ser un aplicativo que el usuario lo pueda utilizar de manera intuitiva.
- **Tiempo de respuesta:** El tiempo entre el reconocimiento del target y la visualización del modelo 3D debe de ser instantáneo, brindando una respuesta en tiempo real.

3.4 Diseño de las interfaces de AUREDUE

Se realiza el diseño de las interfaces de AUREDUE que serán guía para el desarrollo del prototipo de AUREDUE. En el momento en que AUREDUE detecte el target, deberá de mostrar 2 opciones en su Menú principal, como se muestra en la figura 33.

- **Menú:** Al activar esta opción se visualizará otras opciones de AURED, como se muestra en la figura 34. Al activar nuevamente esta opción desaparecerán todas las opciones que nacieron del botón Menú, de esta manera, la interfaz de AURED volverá a ser como la figura 33.
- **Sist. Circ.:** Activa la visualización del modelo del Sistema Circulatorio, complementario al modelo principal del sistema digestivo. Al activar de nuevo esta opción, el Sistema Circulatorio desaparece.

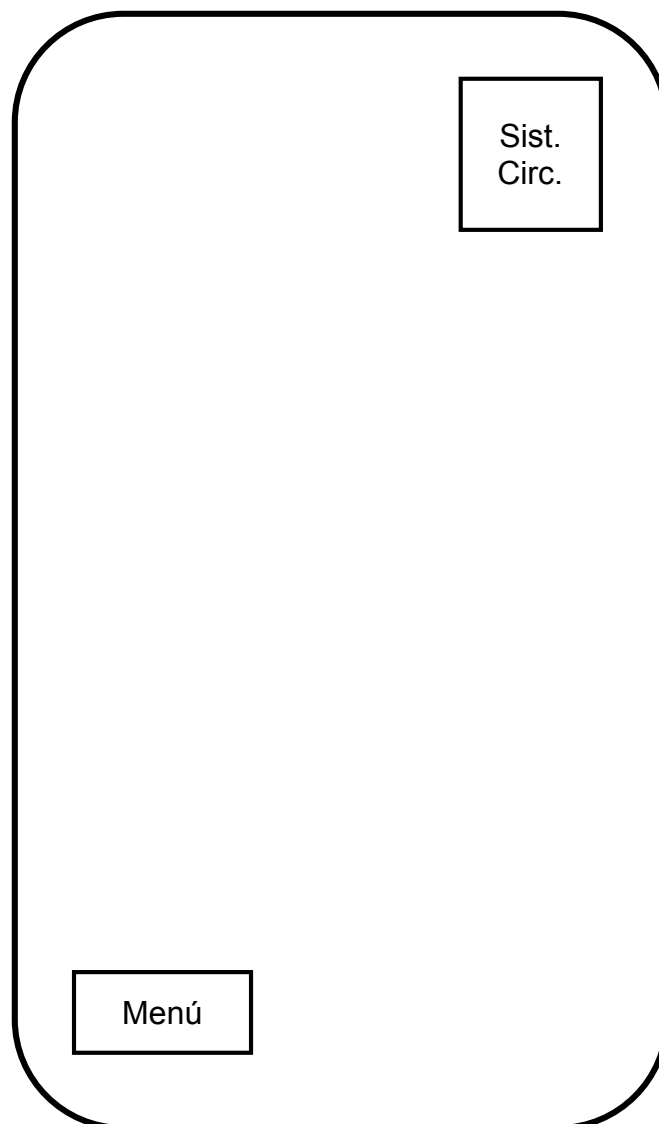


Figura 33: Menú principal de AURED
Elaboración Propia

Al activar la opción “Menú”, aparecerá las opciones que se observan en la figura 34.

- **Concepto:** Activa la visualización del concepto de sistema digestivo.
- **Girar:** Muestra dos opciones de giro, como se observa en la figura 35.
- **Partes:** Al activar esta opción se visualizarán todas las partes del sistema digestivo.

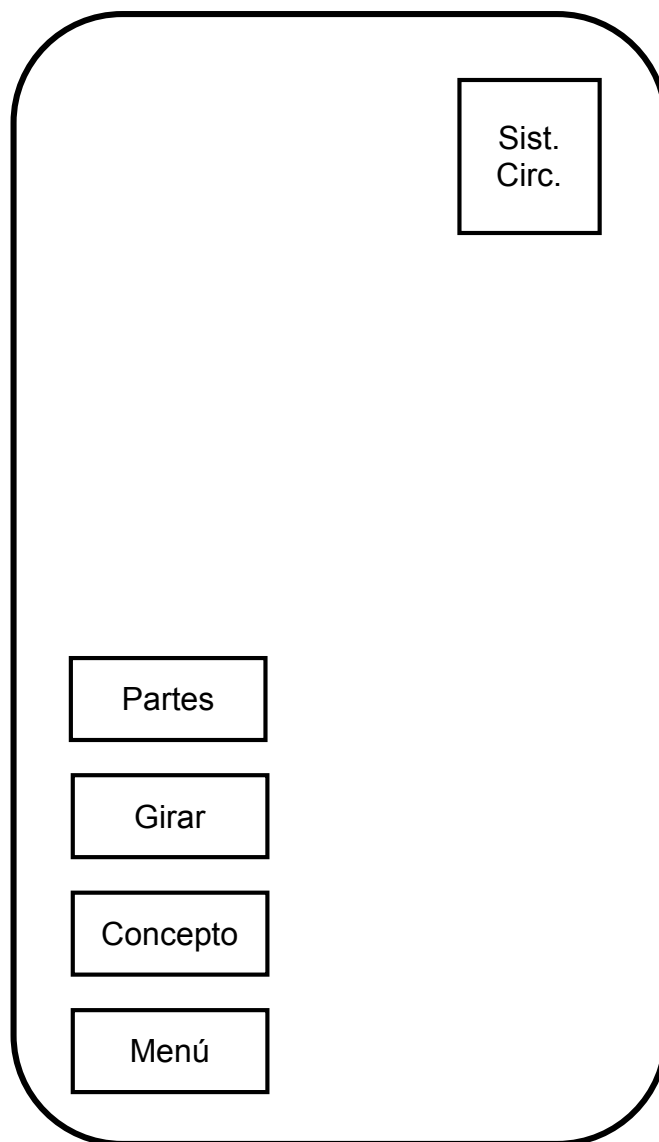


Figura 34: Menú secundario de AUREDU
Elaboración propia

Al activar la opción girar, como se observa en la figura 34, aparecerán 2 opciones:

- ►: Permite girar gradualmente el modelo de AUREDU. Al volver a activar esta opción el modelo parará de girar.
- 180°: Permite girar 180° el modelo de AUREDU respecto a su posición de inicio por defecto, y al volver a activar esta opción el modelo de AUREDU volverá a su posición inicial.

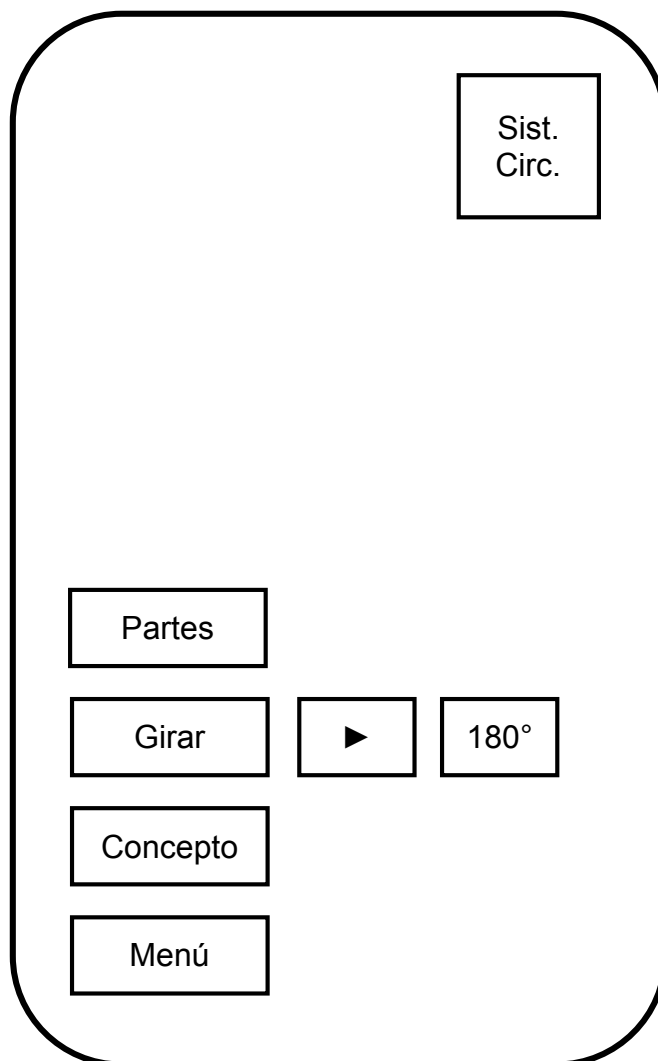


Figura 35: Menú del botón girar
Elaboración Propia

Además, al seleccionar un órgano del sistema digestivo (un elemento del sistema), aparecerá un texto emergente en la parte inferior derecha con la definición del órgano; al seleccionar otro órgano, el texto emergente se actualizará con la nueva definición del órgano seleccionado. Así mismo aparecerá un botón “cerrar”, denotado con la letra X, como se observa en la figura 36; al activar este botón, desaparecerá el texto emergente y el botón cerrar.

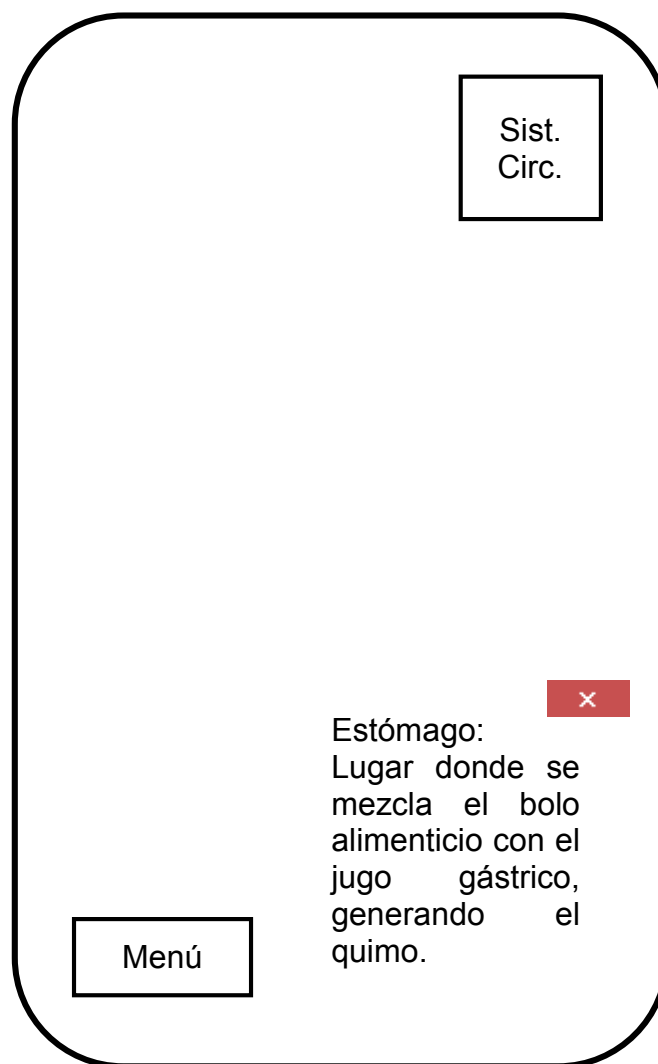


Figura 36. Ejemplo de la visualización de las definiciones de los órganos del sistema digestivo (elementos de un sistema).

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE AUREDU

El desarrollo de AUREDU se ha dividido en tres etapas; primero, se mostrará el target – imagen a ser reconocida por AUREDU. Segundo, se diseñará el modelo 3D. Y, por último, se desarrollará AUREDU con las herramientas seleccionadas en el capítulo 3.

4.1 Imagen de reconocimiento

Para términos de la presente tesis, se utiliza el término target como la imagen que será reconocida en el aplicativo de realidad aumentada. El target para AUREDU es el que se muestra en la figura 37.

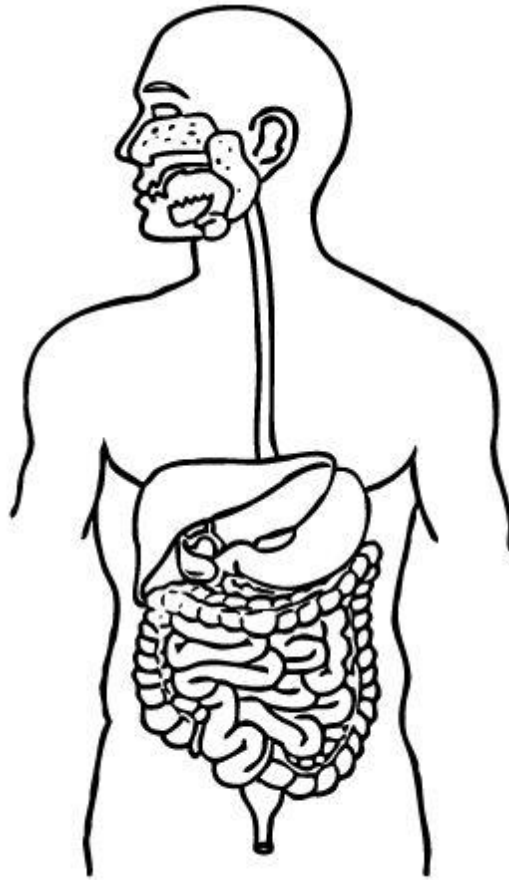


Figura 37: Target de AUREDÚ
Fuente: (Anatomía pro, 2015)

4.2 Desarrollo de los modelos 3D

El software elegido para realizar el modelado 3D de AUREDÚ fue Autodesk Maya. Primero se realizará a su instalación. Para poder acceder a la descarga de Autodesk Maya 2015 y a la solicitud de una licencia, por tres años, para estudiantes, se debe de ingresar al enlace: <http://www.autodesk.com/education/free-software/maya> y completar el formulario, que se observa en la figura 38, de la siguiente manera:

- Version: Maya 2015
- Operating System: Windows 64-bit

- Language: English (Debido a que no se encuentra disponible el español)

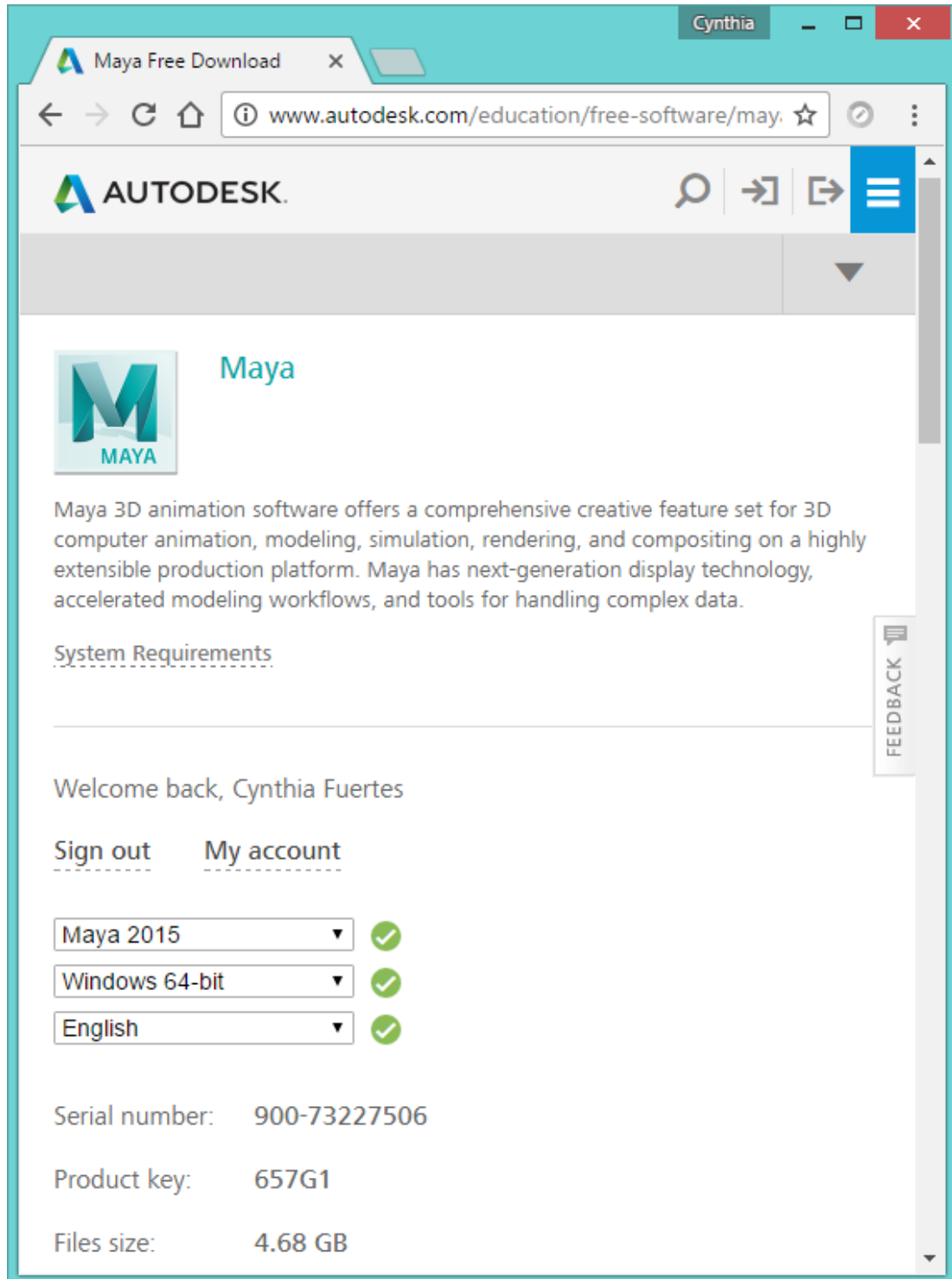


Figura 38: Formulario para descargar Autodesk Maya 2015 para Windows 64-bit en el idioma Inglés
Fuente: (Autodesk, 2013a)

Al llenar el formulario de la figura 38, los datos de la licencia del software llegarán al correo electrónico, como se observa en la figura 39, por razones de seguridad se omitieron los datos de “Product Key” y “Serial Number”.

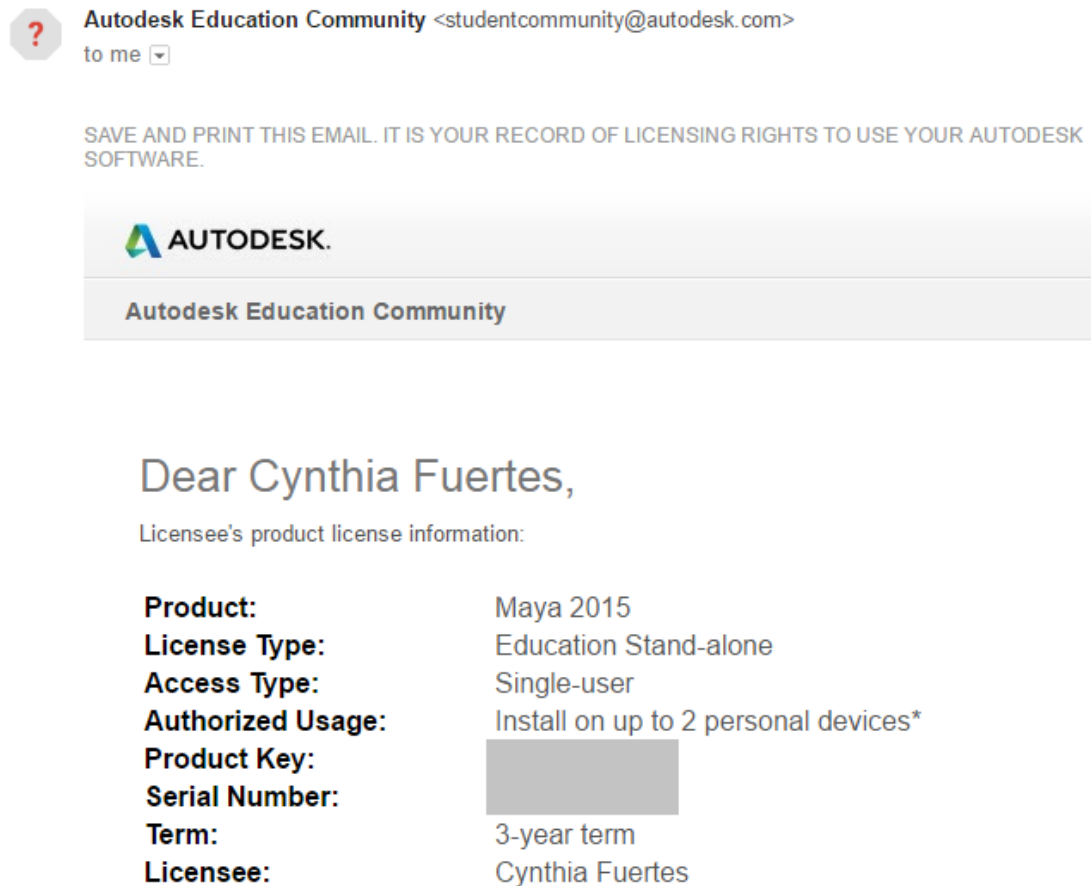


Figura 39: Datos de la licencia otorgada por Autodesk para el uso del software Maya version 2015
Fuente: Correo personal

En la figura 40, se muestra el software Maya 2015 instalado.

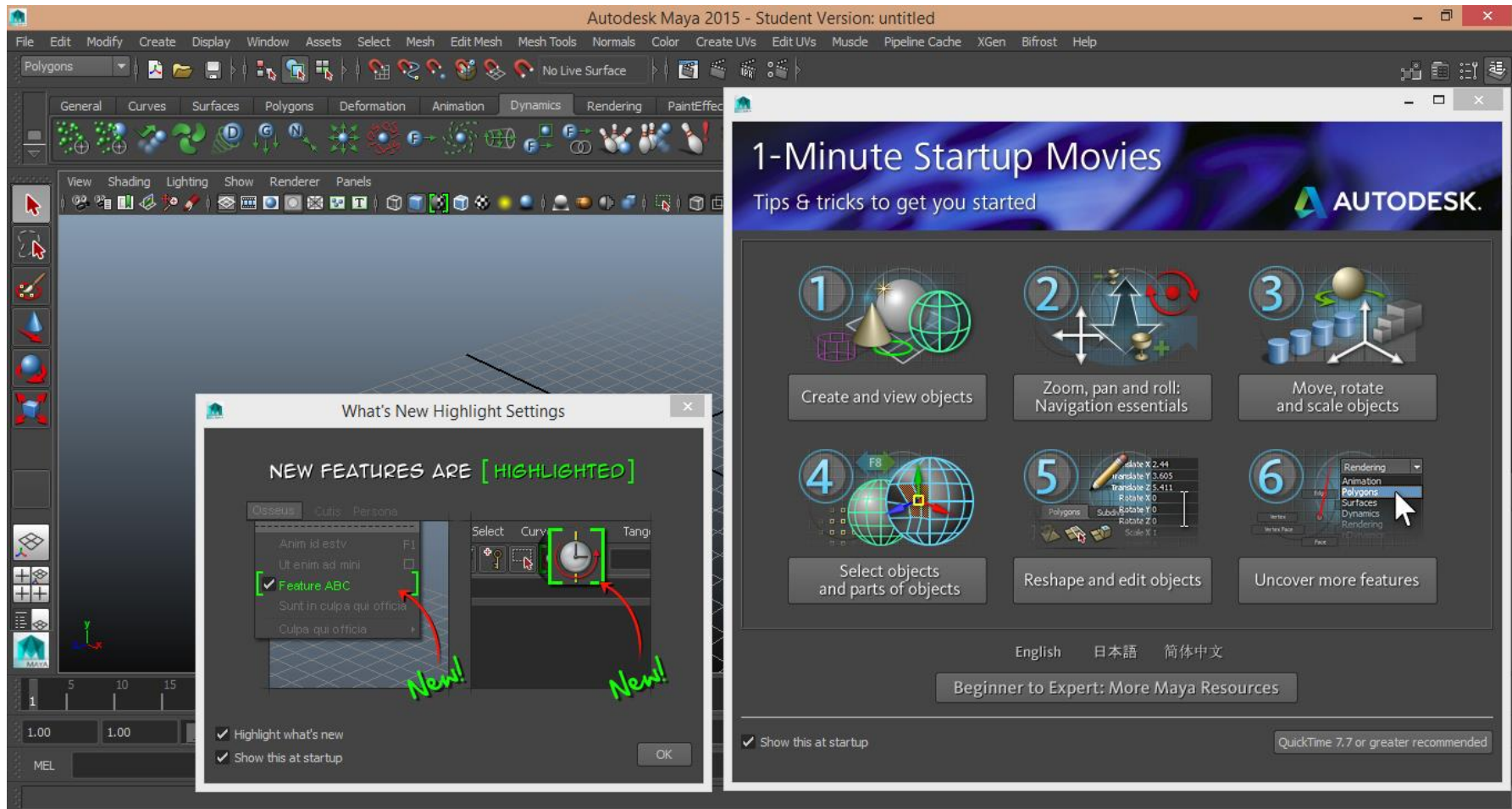


Figura 40: Autodesk Maya 2015
Fuente: Software Autodesk Maya 2015

Para realizar el modelado 3D del sistema digestivo, se realiza por partes y luego se integra. El modelado 3D se inicia por el hígado, como se observa en la figura 41.

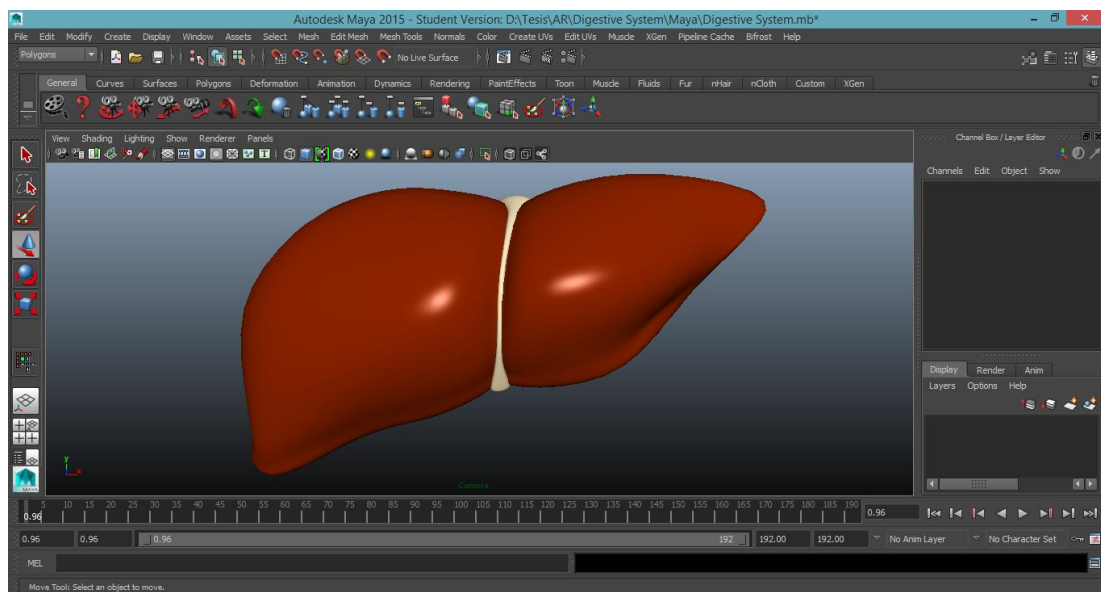


Figura 41: Modelado 3D del hígado

Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

Luego se continua con el modelado 3D del intestino delgado, como se aprecia en la figura 42, el cual se integra con los modelos 3D del estómago, el esófago, la faringe y la boca.

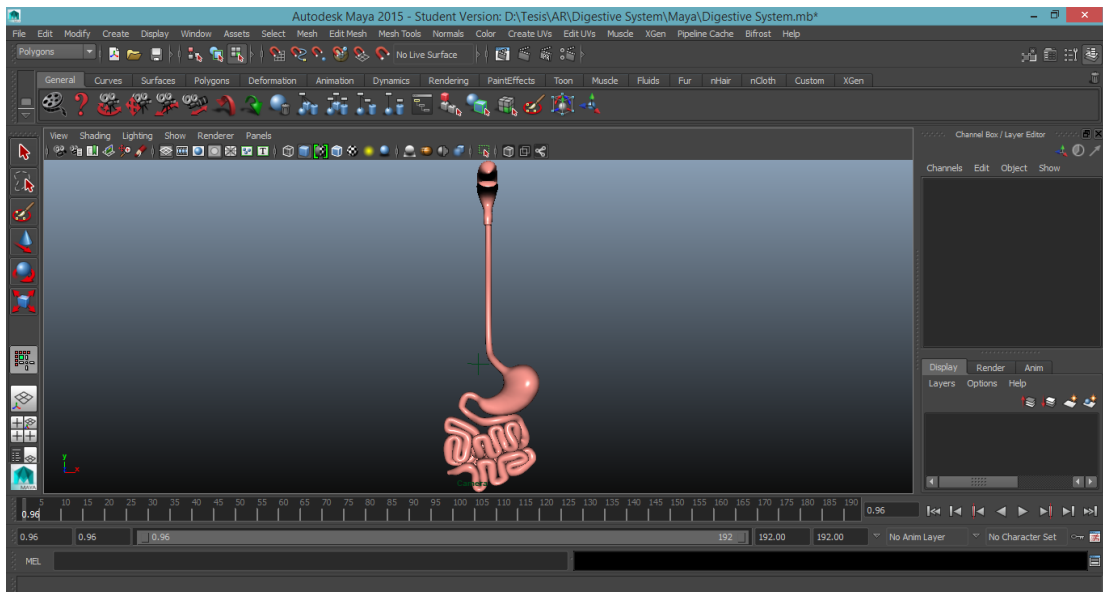


Figura 42: Modelado 3D del intestino delgado, estómago, esófago, la faringe y la boca

Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

Se prosigue con el modelado 3D del intestino grueso y el ano, como se observa en la figura 43.

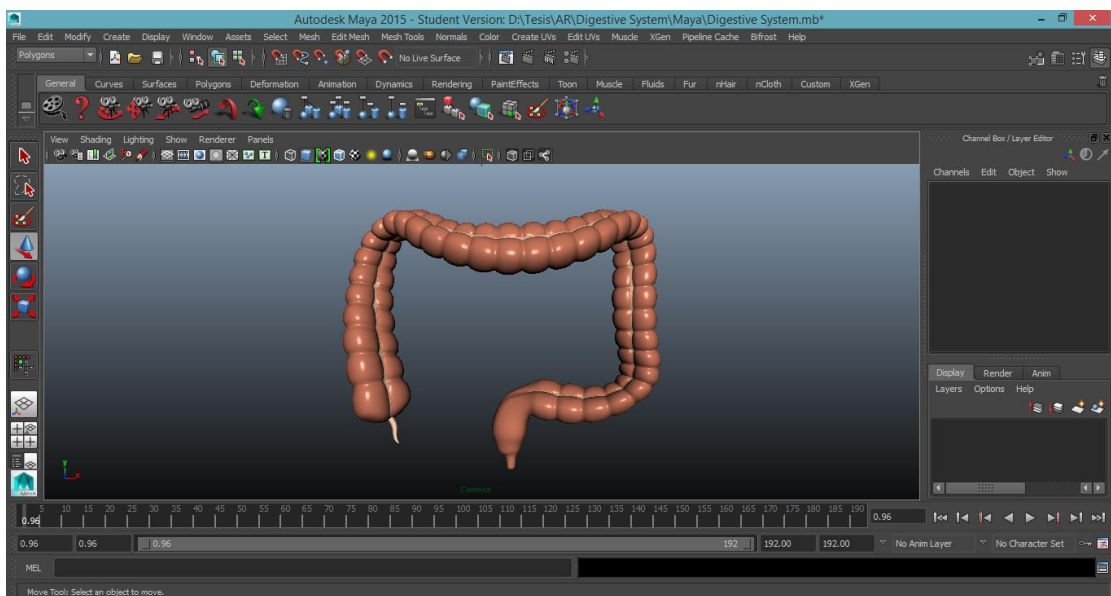


Figura 43: Modelado 3D del intestino grueso y el ano

Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

El siguiente modelado 3D es del páncreas, como se observa en la figura 44.

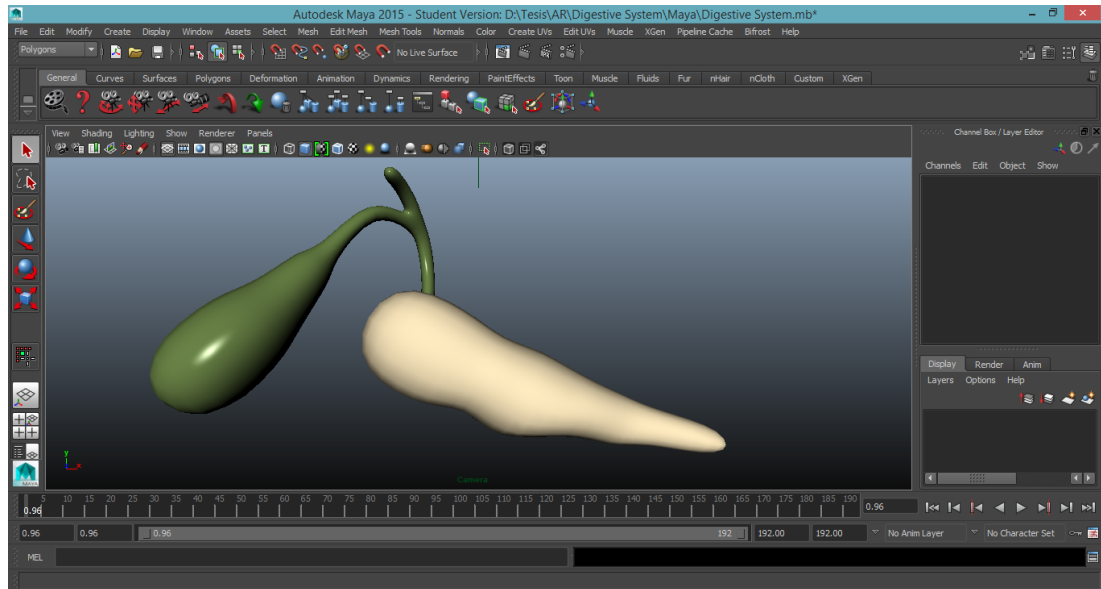


Figura 44: Modelado 3D del páncreas

Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

Al final, se integra todos los modelos 3D para formar el modelo 3D del sistema digestivo. La figura 45 muestra la vista de frente y la figura 46 la vista de espalda del sistema digestivo.

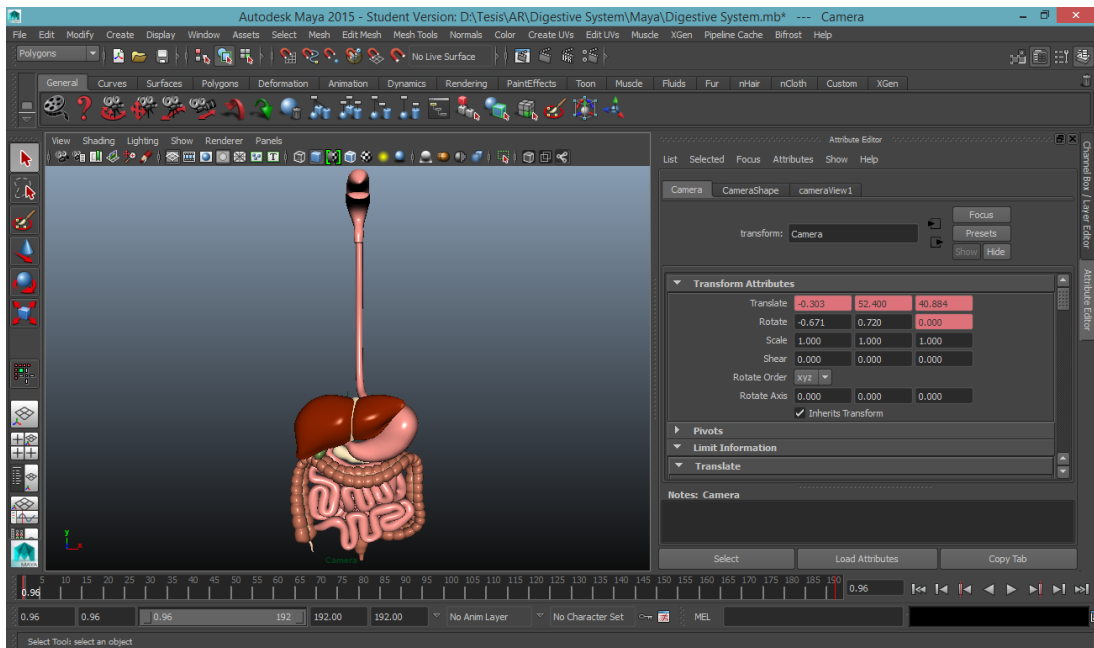


Figura 45: Modelo 3D del sistema digestivo
Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

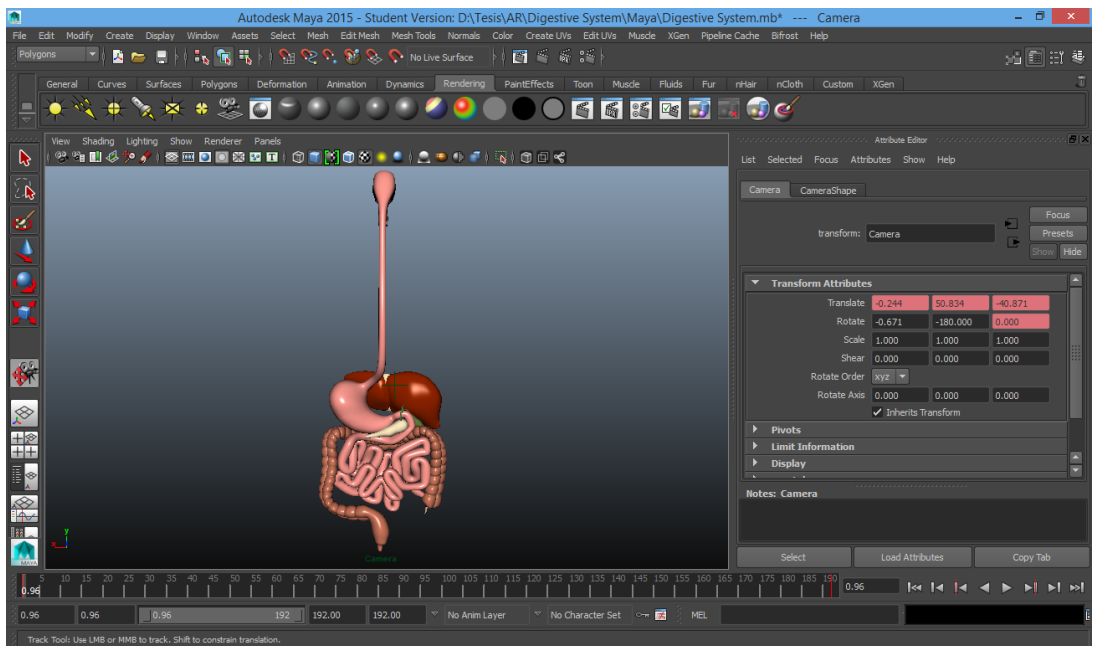


Figura 46: Vista de espalda del modelo 3D del sistema digestivo
Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

De manera complementaria al sistema digestivo, se modela en 3D el sistema circulatorio. Es así, que se modela, primero, el corazón, como se

observa en la figura 47, y luego se agregan las venas y arterias. La vista superior del sistema circulatorio se muestra en la figura 48, y la vista inferior en la figura 49. En la figura 50, se muestra la vista completa del sistema circulatorio.

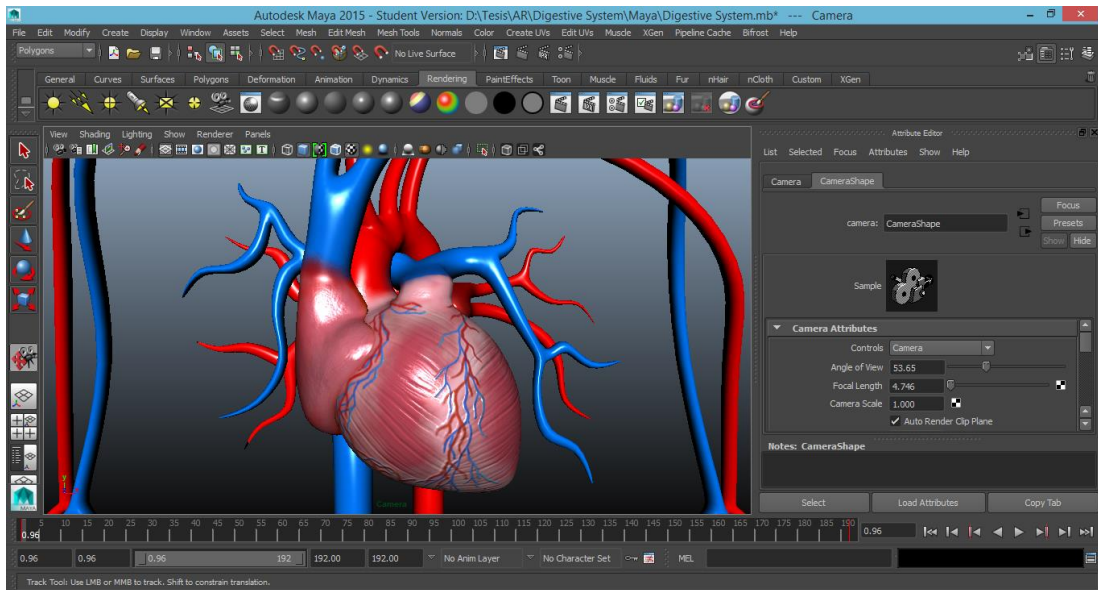


Figura 47: Modelo 3D del corazón

Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

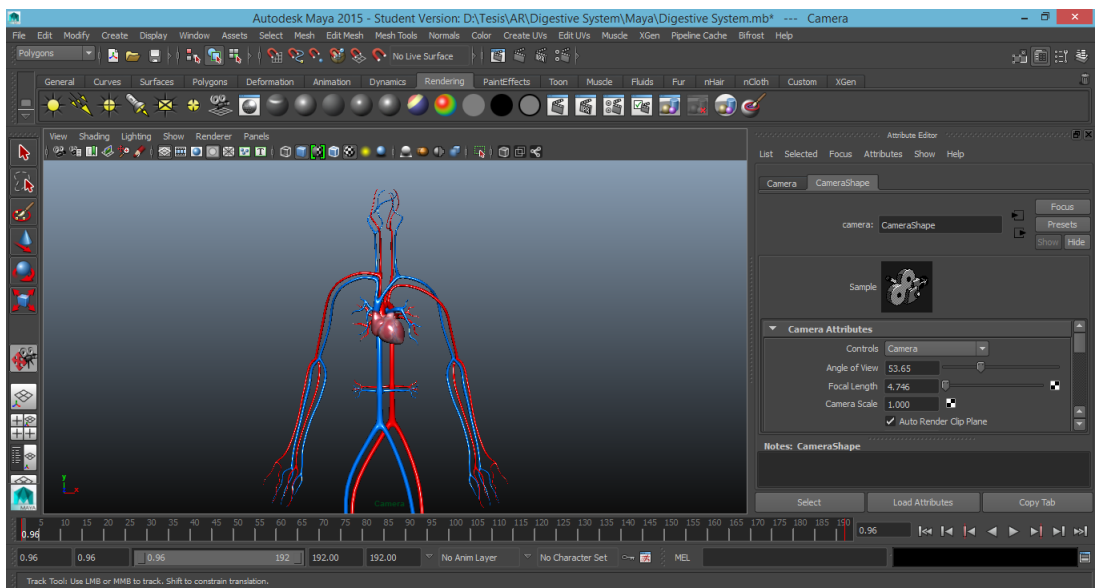


Figura 48: Parte superior del modelo 3D del sistema circulatorio

Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

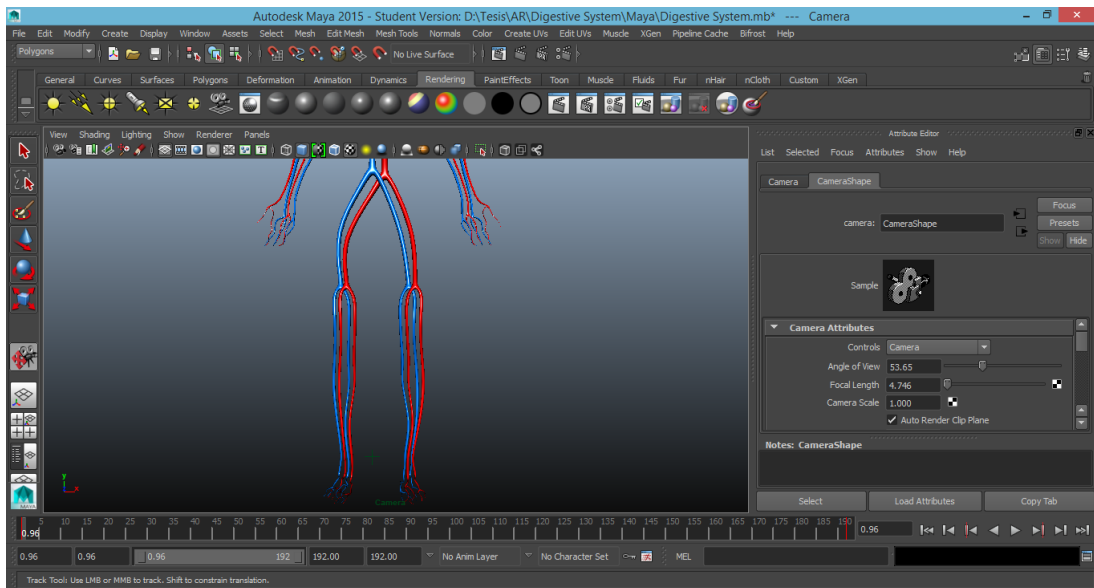


Figura 49: Parte inferior del modelo 3D del sistema circulatorio
Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

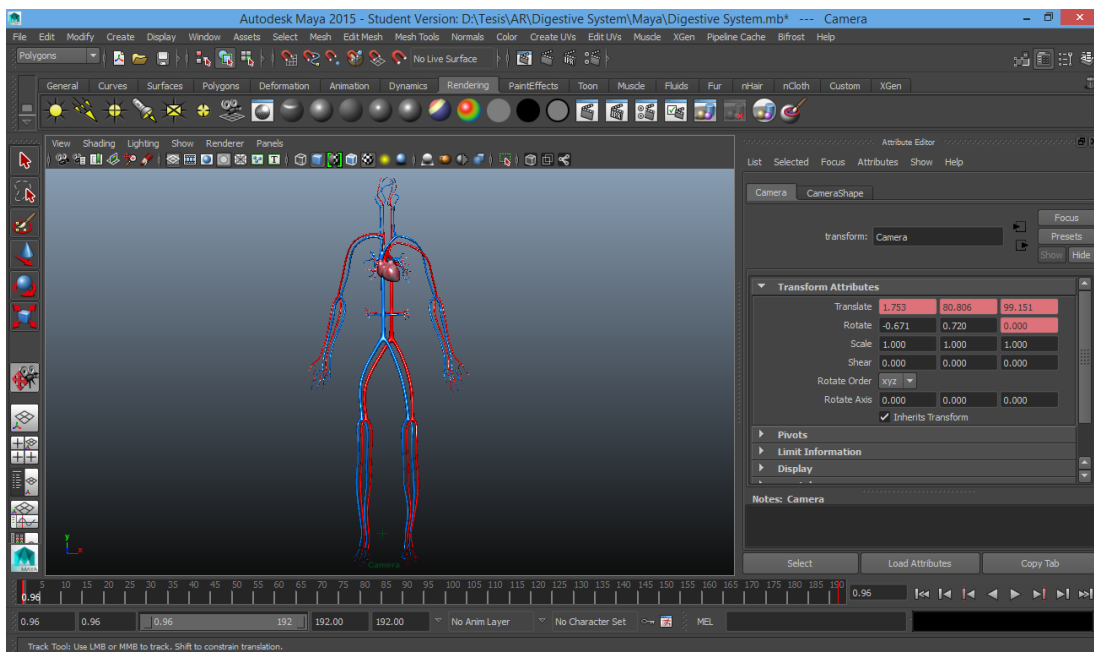


Figura 50: Modelo 3D, completo, del sistema circulatorio
Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

Luego se integra el sistema digestivo, en conjunto con el sistema circulatorio. En la figura 51, se observa la vista superior del modelo integrado, y en la figura 52, la vista inferior. En la figura 53, se muestra la vista completa.

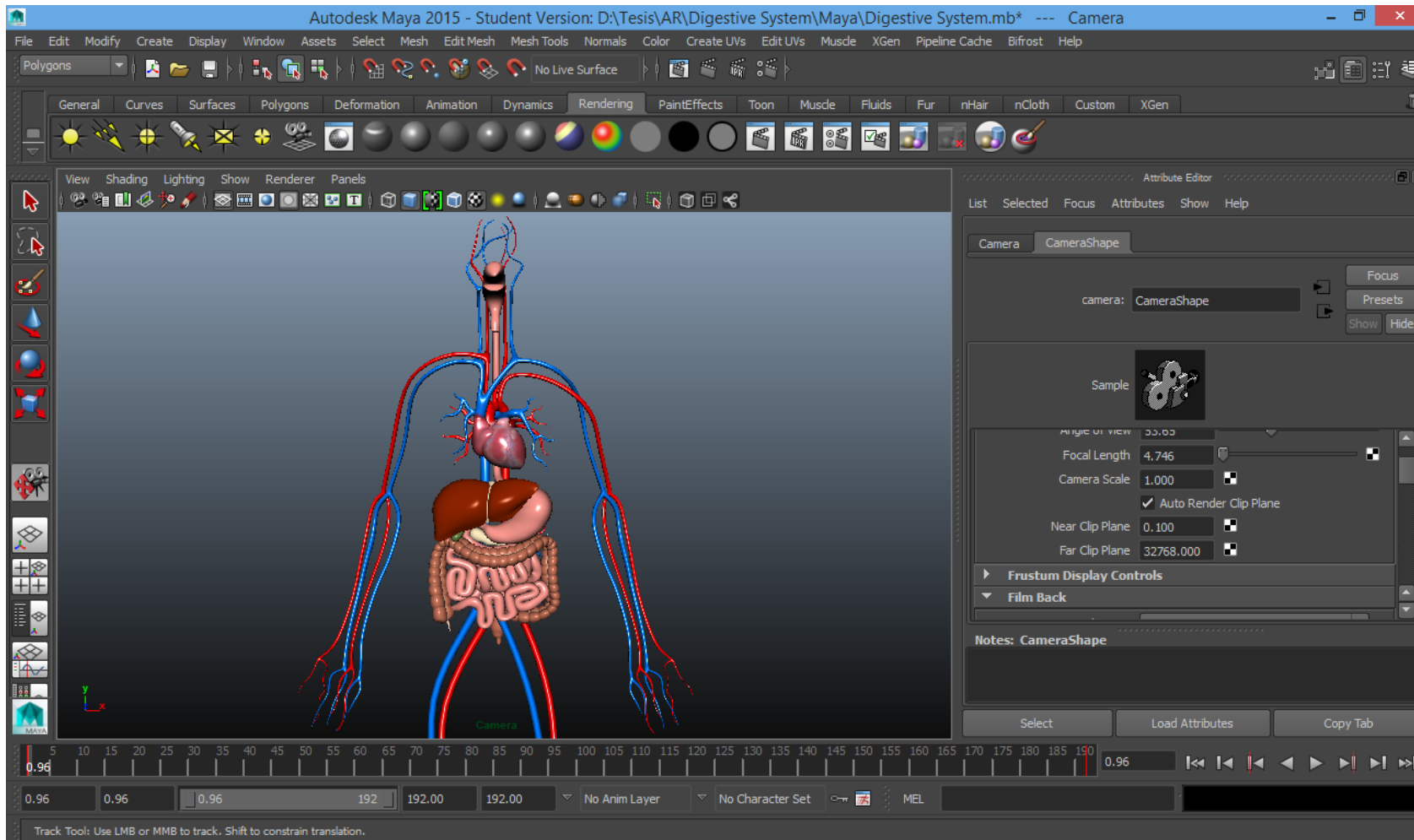


Figura 51: Vista superior del Sistema Digestivo integrado al Sistema Circulatorio

Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

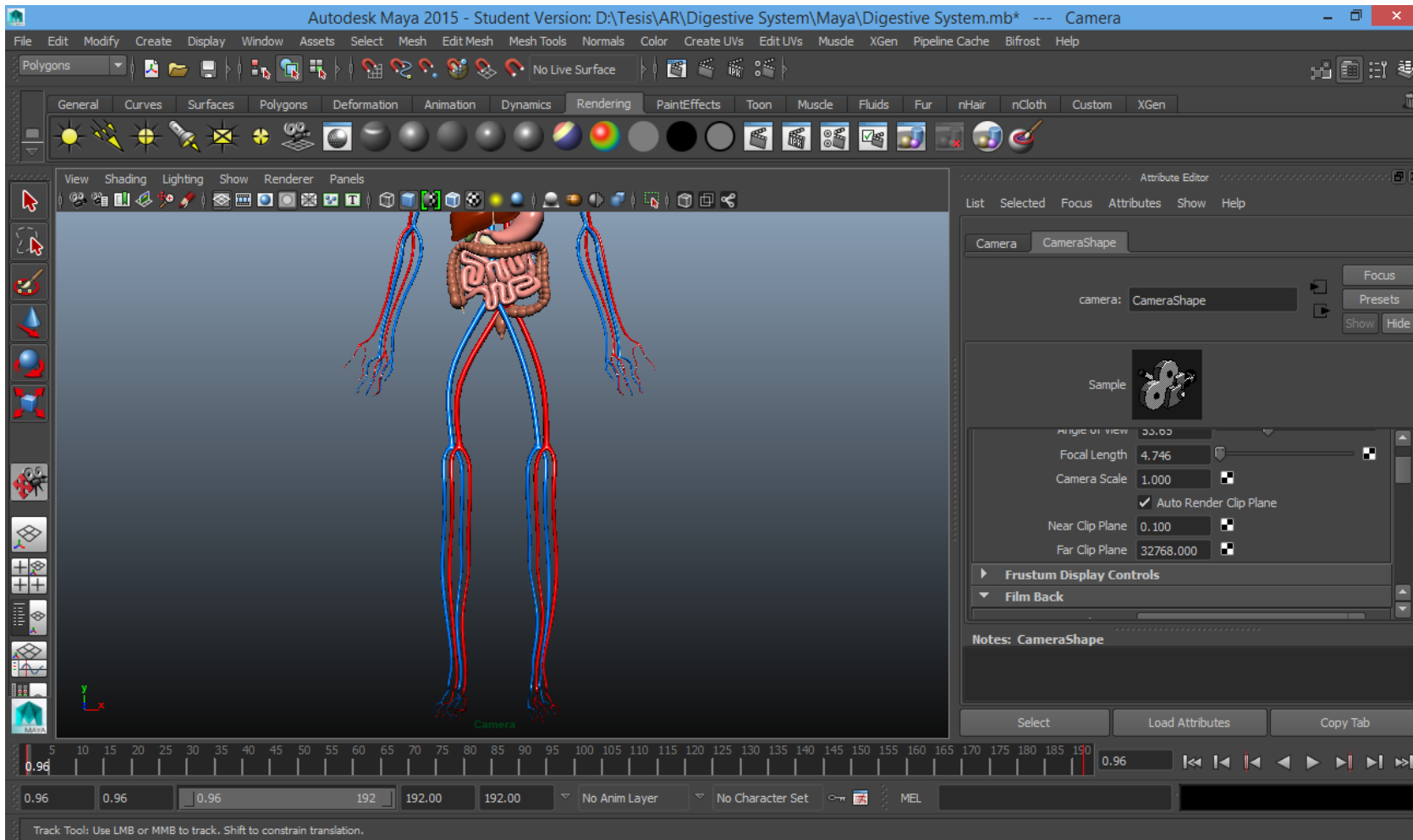


Figura 52: Vista inferior del Sistema Digestivo integrado al Sistema Circulatorio
Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

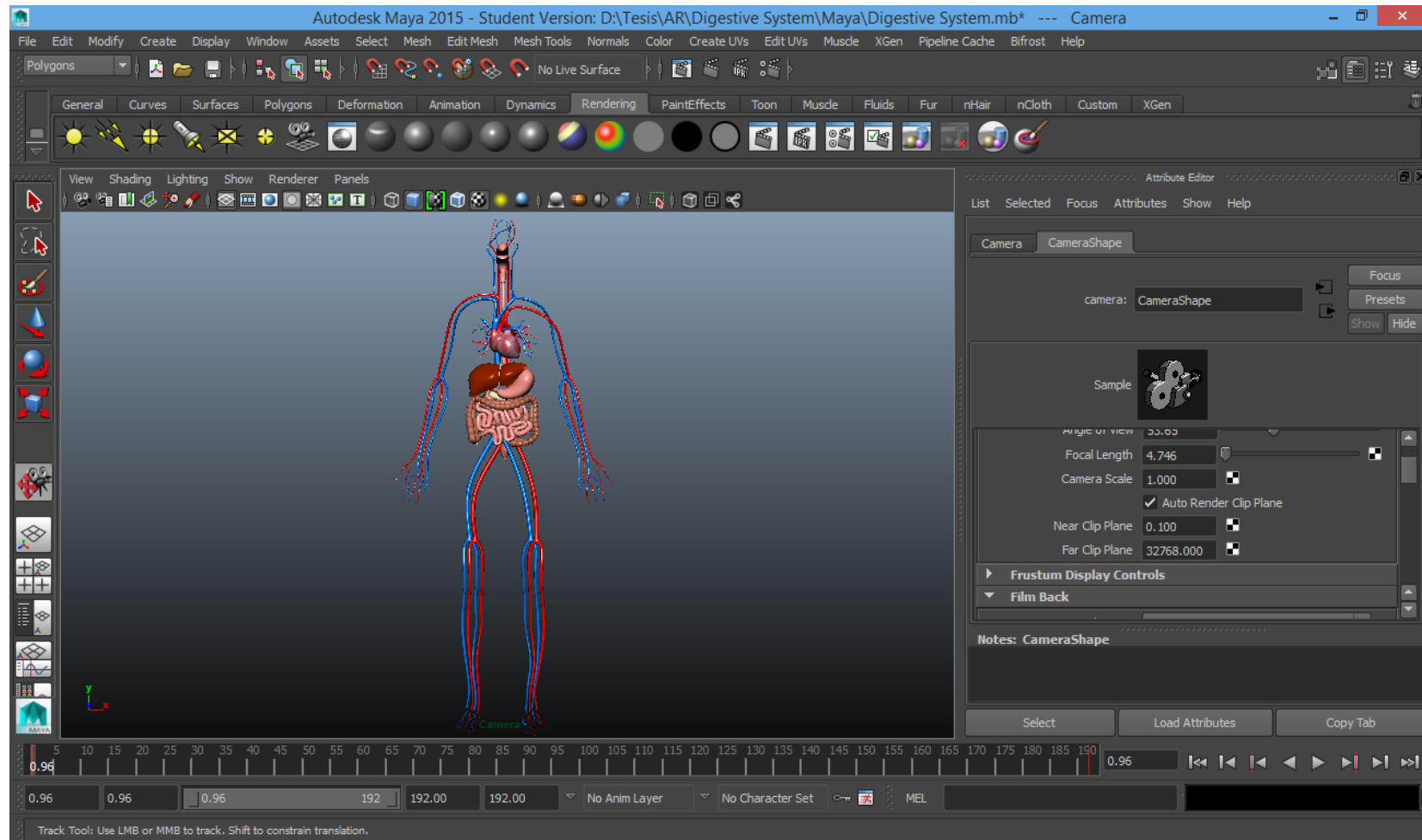


Figura 53: Vista completa del Sistema Digestivo integrado al Sistema Circulatorio

Fuente: Modificado de (Motioncow, 2010) utilizando Autodesk Maya 2015

El siguiente paso, luego de tener el modelo 3D completo de AUREDU, es exportarlo de Autodesk Maya a Unity, como se muestra en la figura 54.

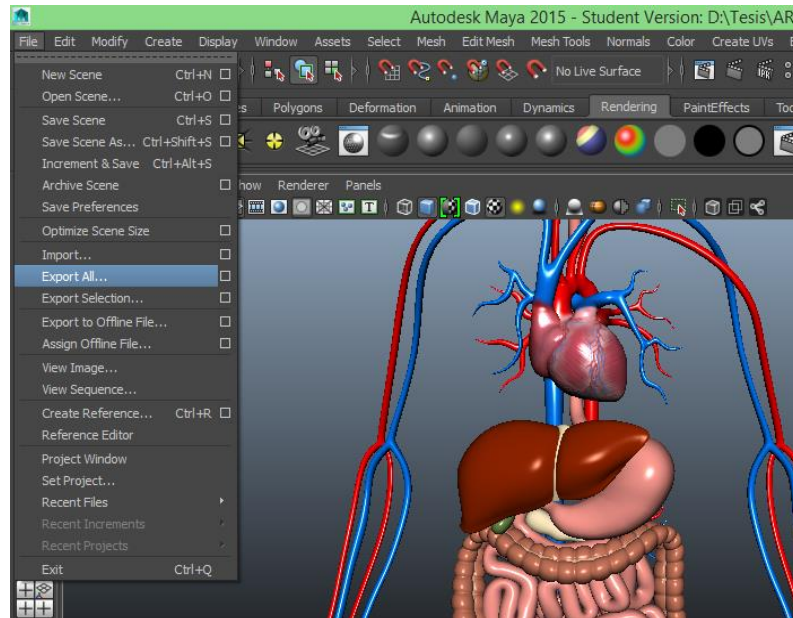


Figura 54: Seleccionar la opción de Exportar en Autodesk Maya
Fuente: Autodesk Maya 2015

Lo exportado se guarda en formato FBX para luego importarlo en Unity, como se muestra en la figura 55. En la figura 56, se observa el archivo exportado en el explorador de archivos.

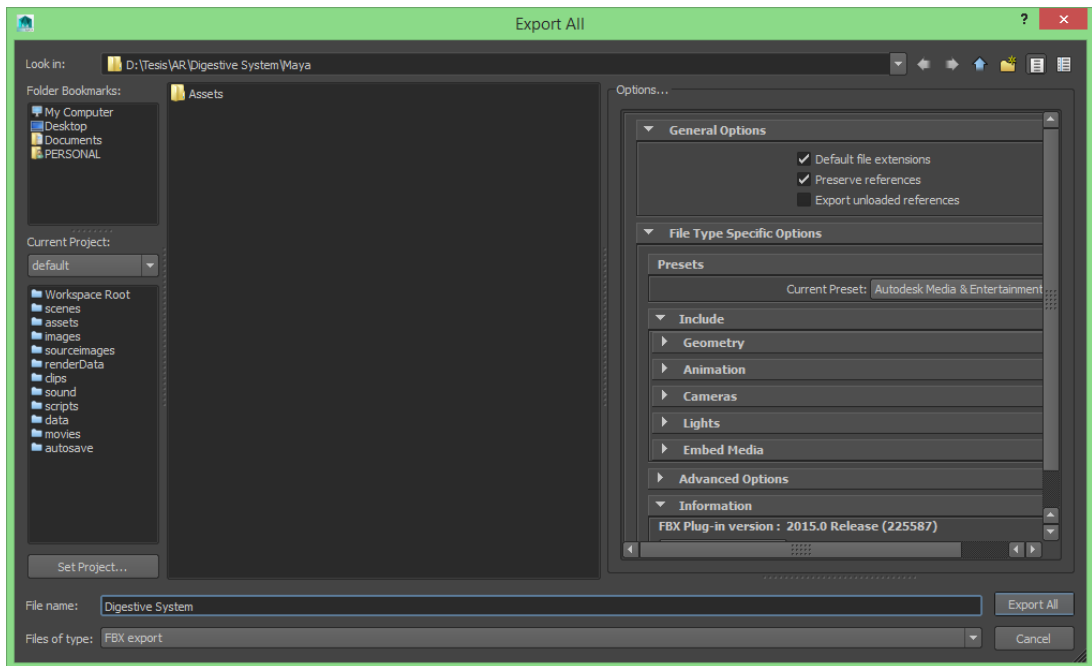


Figura 55: Exportación del modelo 3D de Autodesk Maya a Unity
Fuente: Autodesk Maya 2015



Figura 56: Archivos del modelado 3D de los modelos de AUREDUE
Fuente: Explorador de archivos

4.3 Desarrollo del prototipo

El Game Engine Software elegido para AUREDUE, en la sección “3.2.2. Selección de la herramienta Game Engine” es Unity.

El primer paso, es proceder a su instalación; para lo cual hay que ingresar a https://unity3d.com/es/get-unity/download/archive?_ga=1.187089960.1868170401.1482692335 y elegir

la versión Unity 5.2.1 – Windows de 32 bits; debido a que la versión de 64 bits no es compatible con Vuforia.

El instalador de Unity permite la instalación de Monodevelop, IDE elegido en la sección “3.2.3. Selección de la herramienta IDE”, como se observa en la figura 57.

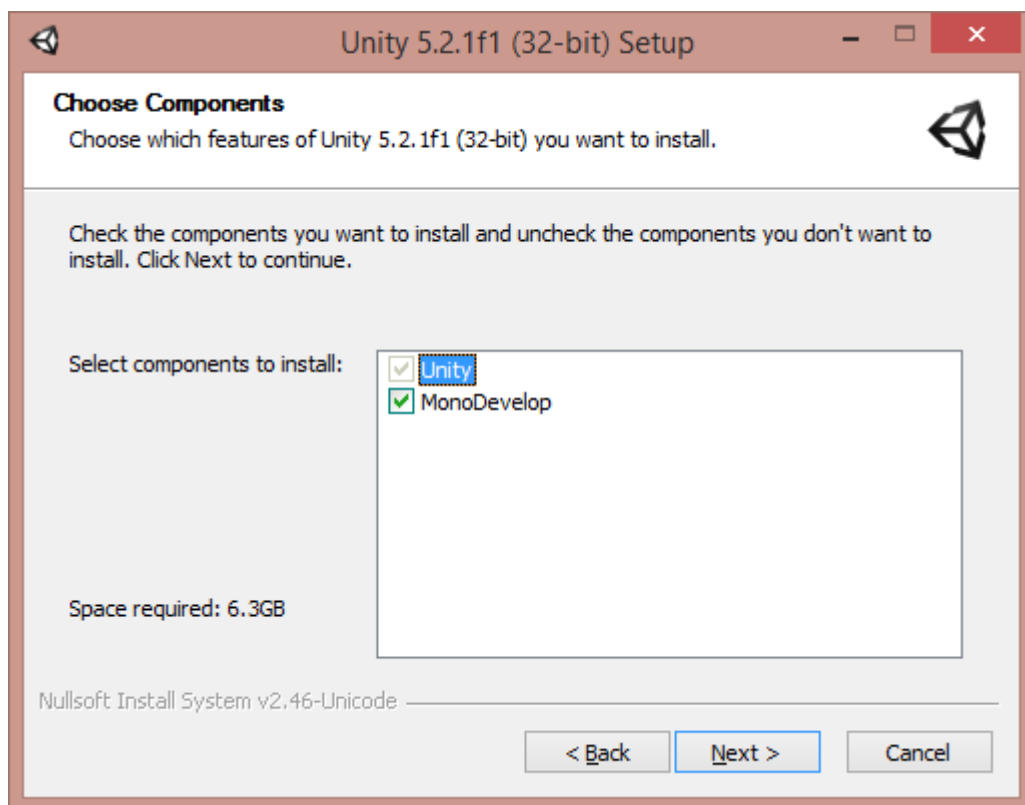


Figura 57: Instalación de Unity y Monodevelop
Fuente: Unity

Luego de la instalación, Unity pedirá ingresar a una cuenta existente o registrarse, como se observa en la figura 58.

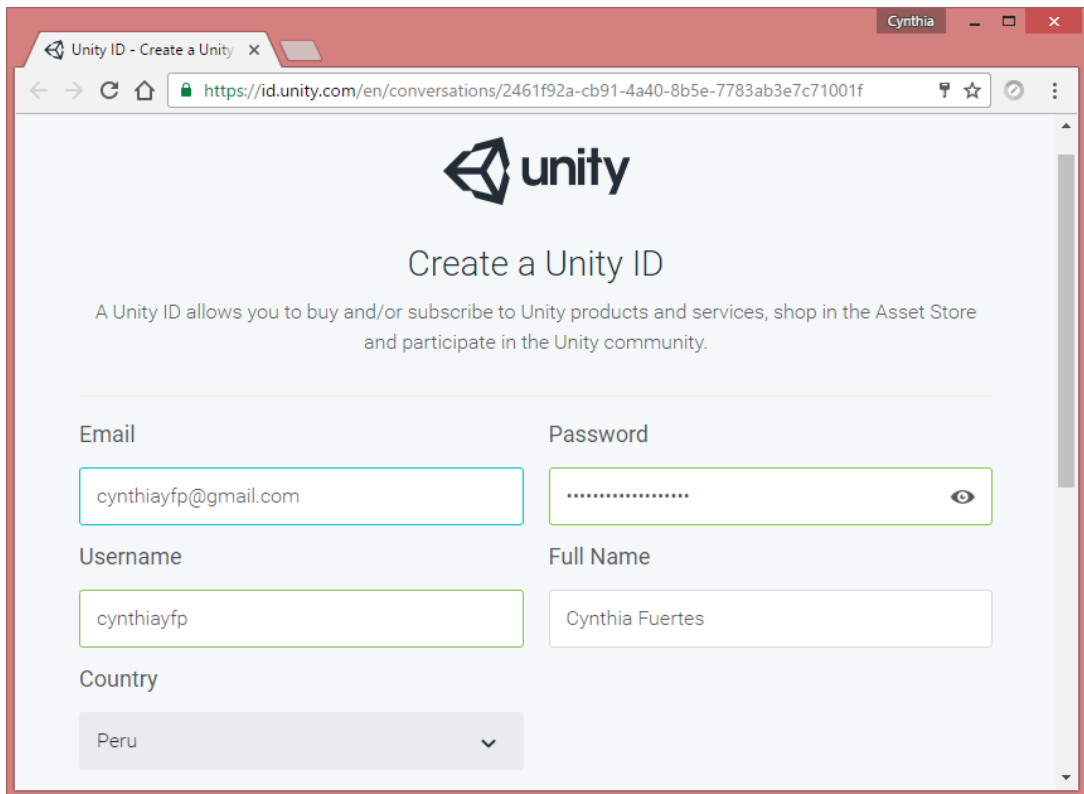


Figura 58: Creación de una cuenta en Unity
Fuente: Unity

En la figura 59, se observa los datos de la cuenta creada en Unity para el desarrollo de AUREDU.

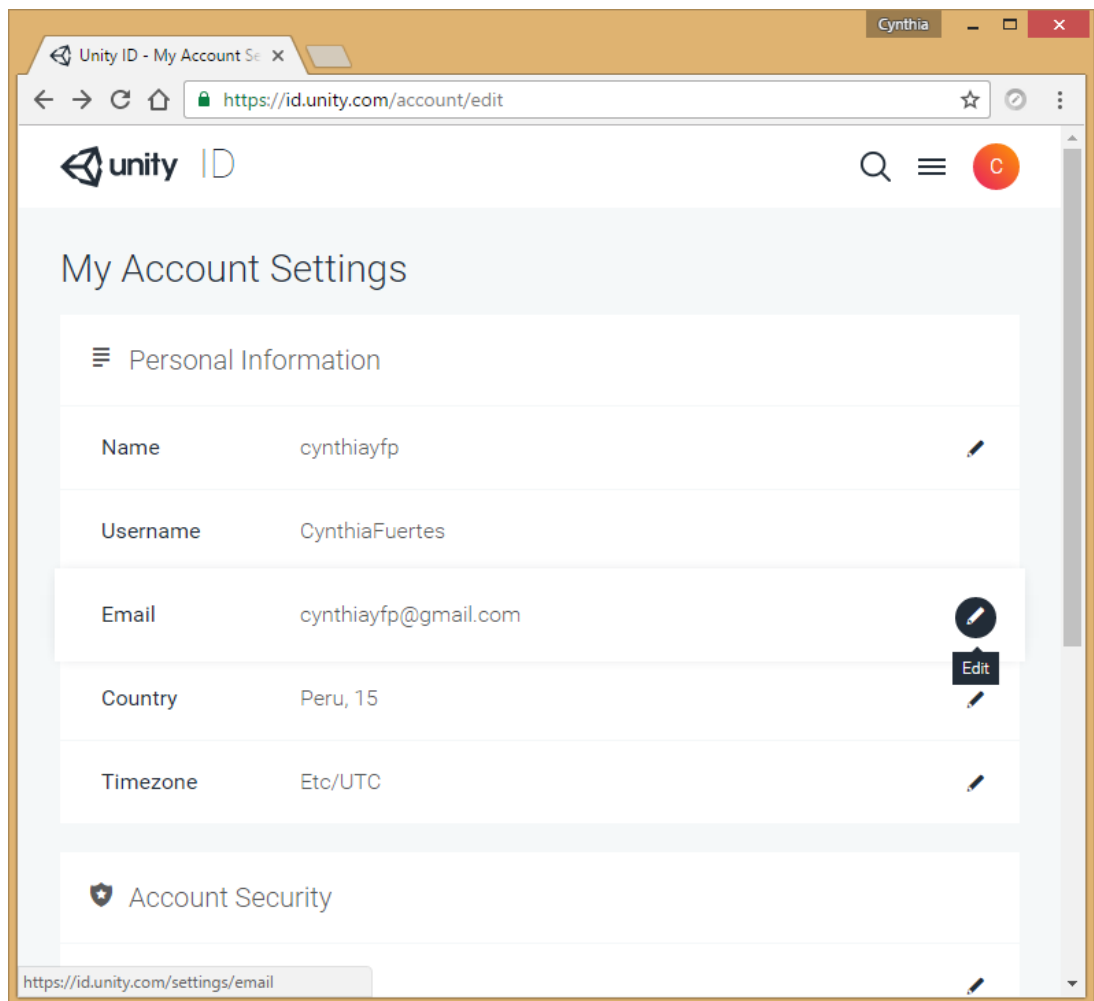


Figura 59 Cuenta creada en Unity
Fuente: Unity

El siguiente paso es logearse en el aplicativo instalado de Unity en la computadora, como se visualiza en la figura 60. Y luego crear un nuevo proyecto, como se observa en la figura 61, a este nuevo proyecto, se le denomina AURED. En la figura 62 se muestra un pantallazo del nuevo proyecto creado, proyecto AURED.

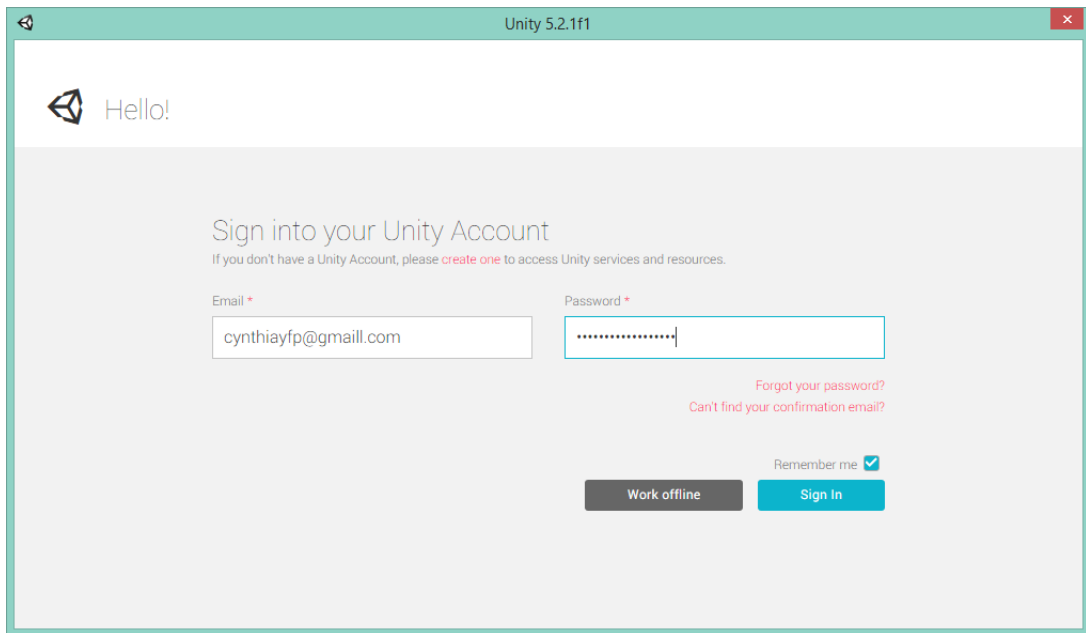


Figura 60: Registro de la cuenta de Unity
Fuente: Unity

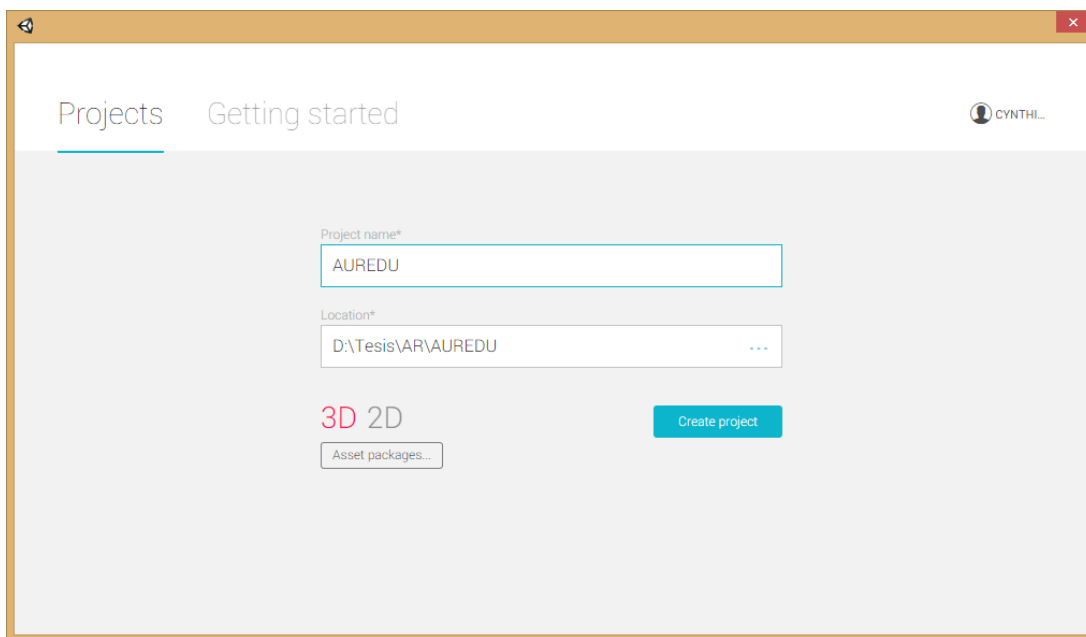


Figura 61: Creación de un nuevo proyecto llamado AUREDU
Fuente: Unity

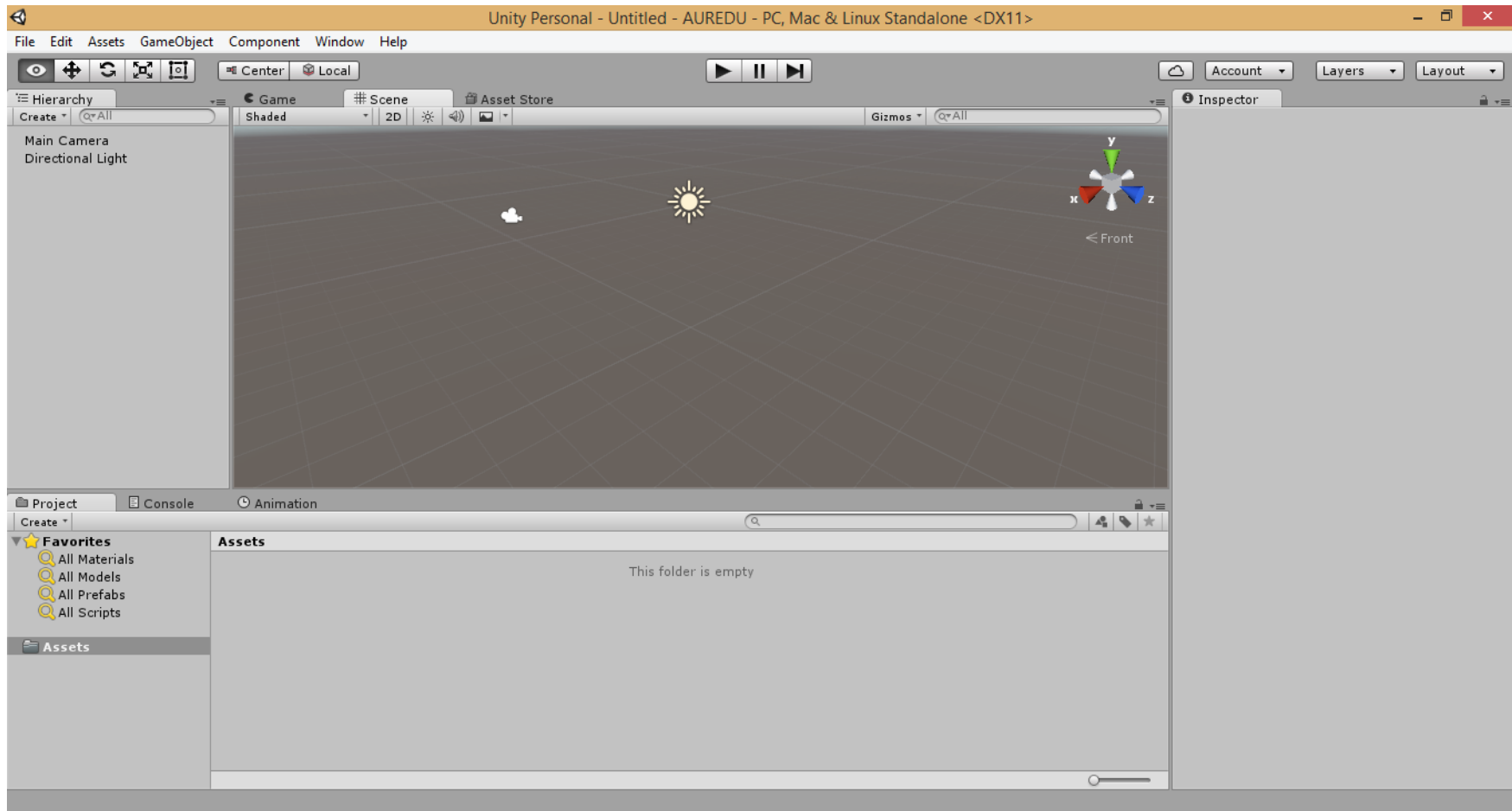


Figura 62: Ventana de Unity del nuevo proyecto creado, proyecto AUREDU
Fuente: Unity

Para empezar a crear AUREDU, primero se debe de instalar Vuforia, el Augmented Reality SDK seleccionado para el desarrollo de AUREDU en la sección “3.2.4. Selección de la herramienta Augmented Reality SDK”. Para lo cual se debe de crear una cuenta en Vuforia, como se muestra en la figura 63, en el siguiente enlace: <https://developer.vuforia.com/user/register>

Create new account | Vuf x

https://developer.vuforia.com/user/register

vuforia™ Developer Portal

Home

Register

* required field

First Name: *

Last Name: *

Email Address: *

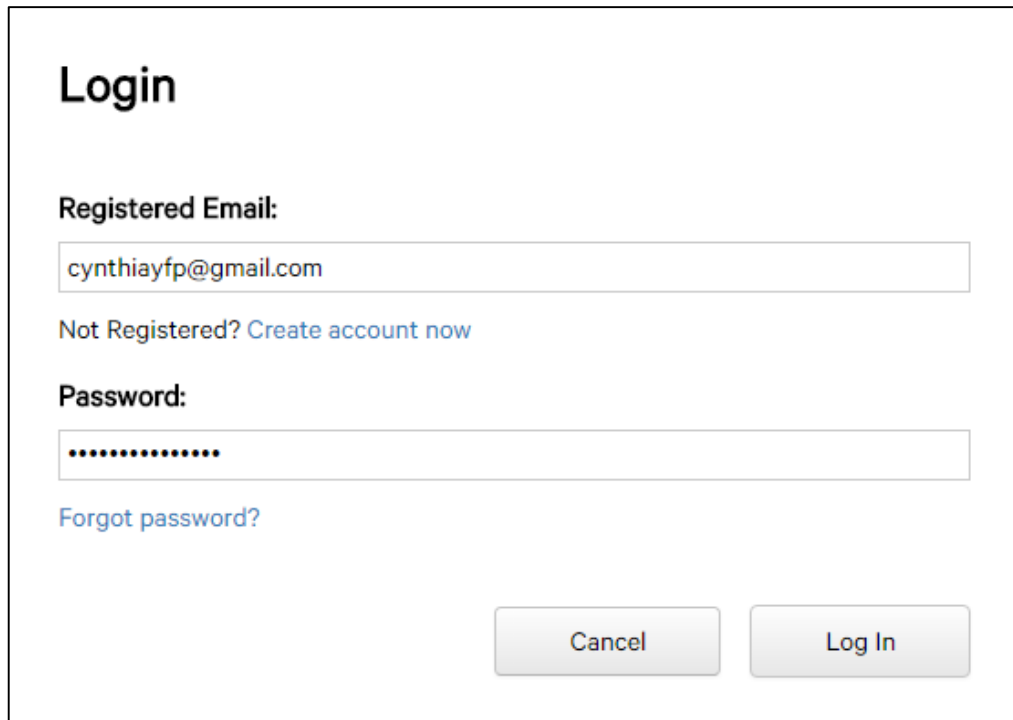
This will be your login. It will not be displayed or shared.

Password: *

Confirm password: *

Figura 63: Creación de una cuenta en Vuforia
Fuente: Vuforia

Luego, se procede al logeo para poder acceder a la cuenta, como la figura 64, donde se administra todos los proyectos que se tengan en Vuforia.



Login

Registered Email:
cynthiayfp@gmail.com

Not Registered? [Create account now](#)

Password:
.....

[Forgot password?](#)

Cancel Log In

Figura 64: Logeo en Vuforia
Fuente: Vuforia

El siguiente paso es descargar el SDK de Vuforia para instalarlo en Unity; por ello, ingresar al enlace <https://developer.vuforia.com/downloads/sdk> y elegir la opción "Download for Android". El SDK con el cuál AUREDUE será creado es la versión 5.0.5; al importar Vuforia en Unity, se importan elementos como ARCamera e ImageTarget: componentes que permiten crear un aplicativo de realidad aumentada. En la figura 65 se observa el pack a importar en Unity para tener las propiedades de realidad aumentada que brinda el SDK de Vuforia.

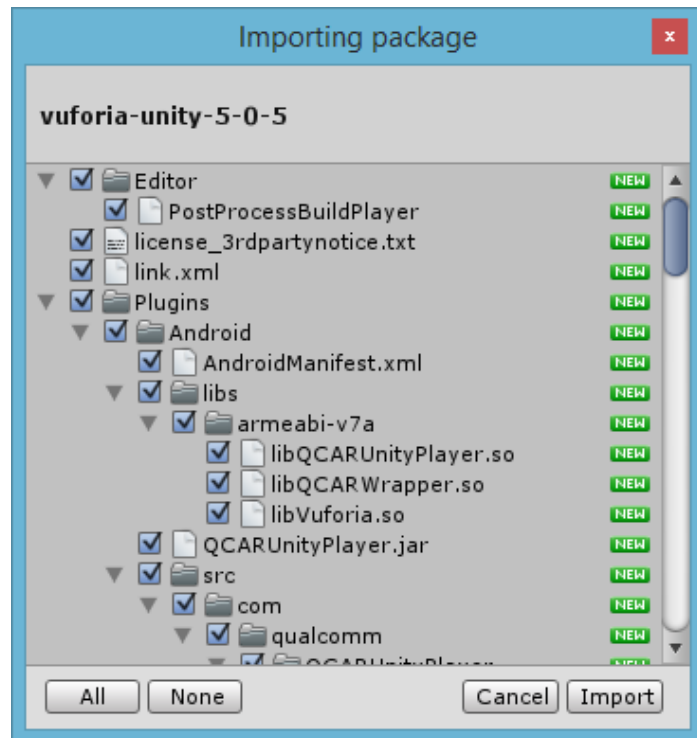


Figura 65: Paquete del SDK de Vuforia para la importación en Unity
Fuente: Unity

Al terminar la importación del SDK de Vuforia en Unity, se crea un ImageTarget, componente perteneciente al SDK de Vuforia, y se importa los modelos creados en Autodesk Maya a Unity, lo cual se puede observar en la figura 66, donde el modelo 3D de AUREDUE está sobre un rectángulo blanco, que es el ImageTarget.

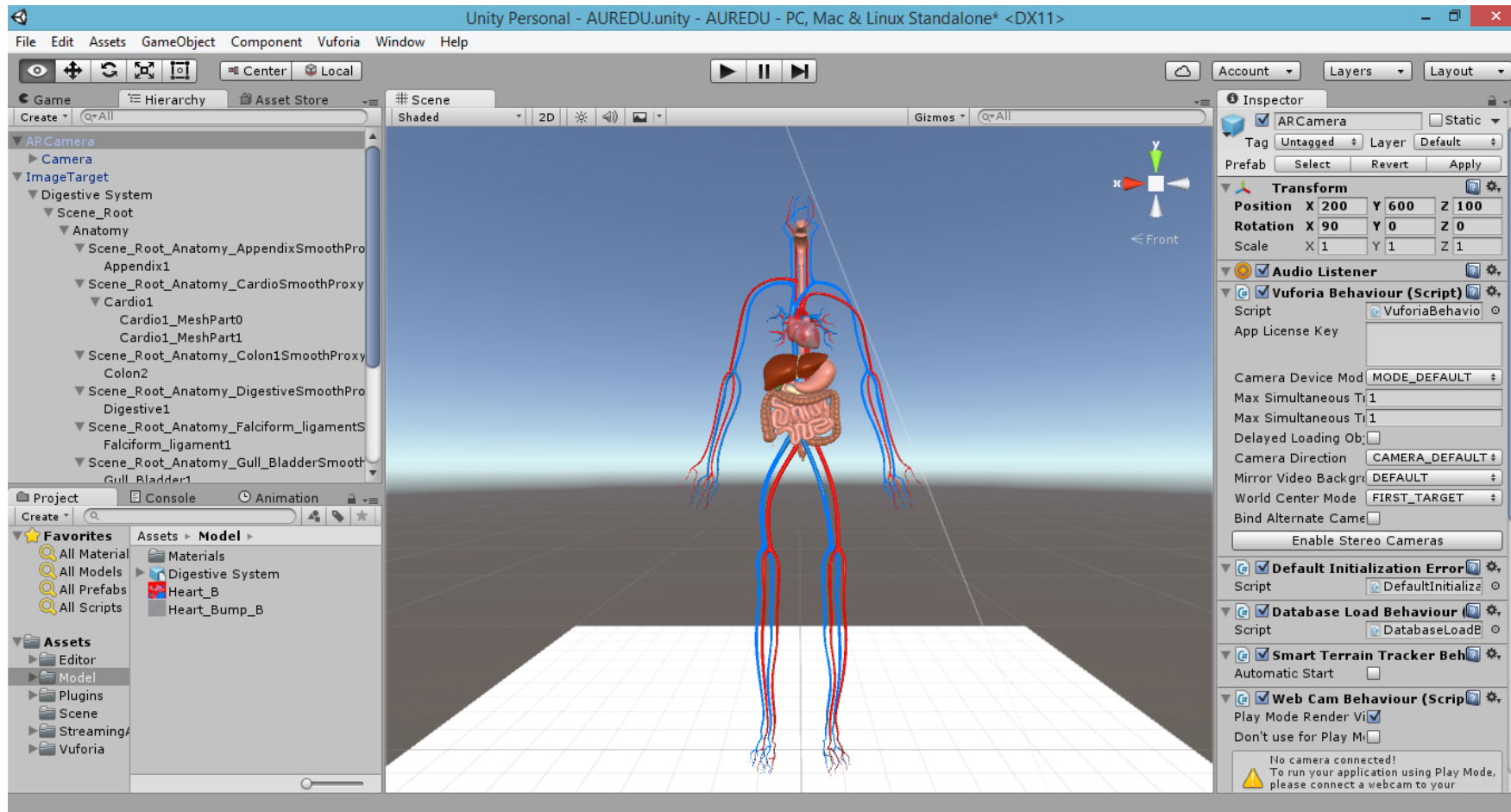


Figura 66: Modelo de sistema digestivo con sistema circulatorio importado desde Autodesk Maya a Unity
Fuente: Elaboración propia utilizando Unity

El tema central de AUREDU es el sistema digestivo, el sistema circulatorio es un complemento para visualizar la posición del sistema digestivo en el cuerpo humano; por lo descrito, se aísla al sistema digestivo, como se muestra en la figura 67, para agregar las funcionalidades que se describió en la sección “3.3 Análisis de los requisitos de AUREDU”.

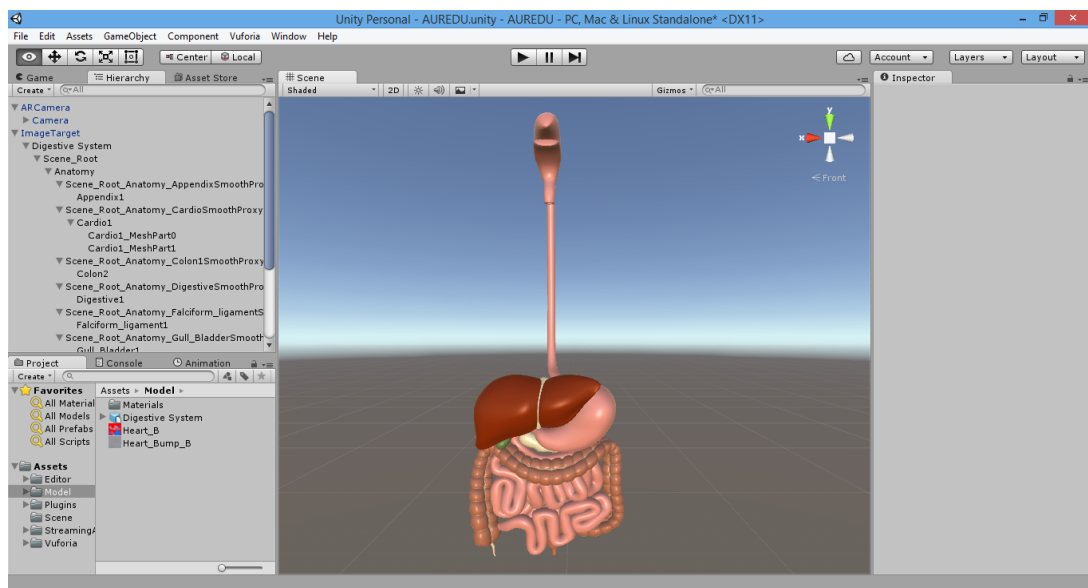


Figura 67: Sistema Digestivo importado desde Autodesk Maya a Unity
Fuente: Elaboración propia utilizando Unity

En Vuforia se crea una Base de Datos, como se muestra en la figura 68, luego cargamos el target de AUREDU en Vuforia, como se observa en la figura 69.

Create Database

Name:

AUREDU

Type:

Device

Cloud

VuMark

Cancel Create

Figura 68: Creación de la Base de Datos de AUREDU en Vuforia Fuente. Vuforia

En la Base de Datos de Vuforia se cargan dos imágenes: la del sistema digestivo y el logotipo de la UNI, como se aprecia en la figura 69. El logotipo de la UNI se carga en el aplicativo para realizar pruebas, sin embargo, como se mencionó en la sección “4.1 Imagen de reconocimiento”, la imagen oficial de AUREDU será la del sistema digestivo.

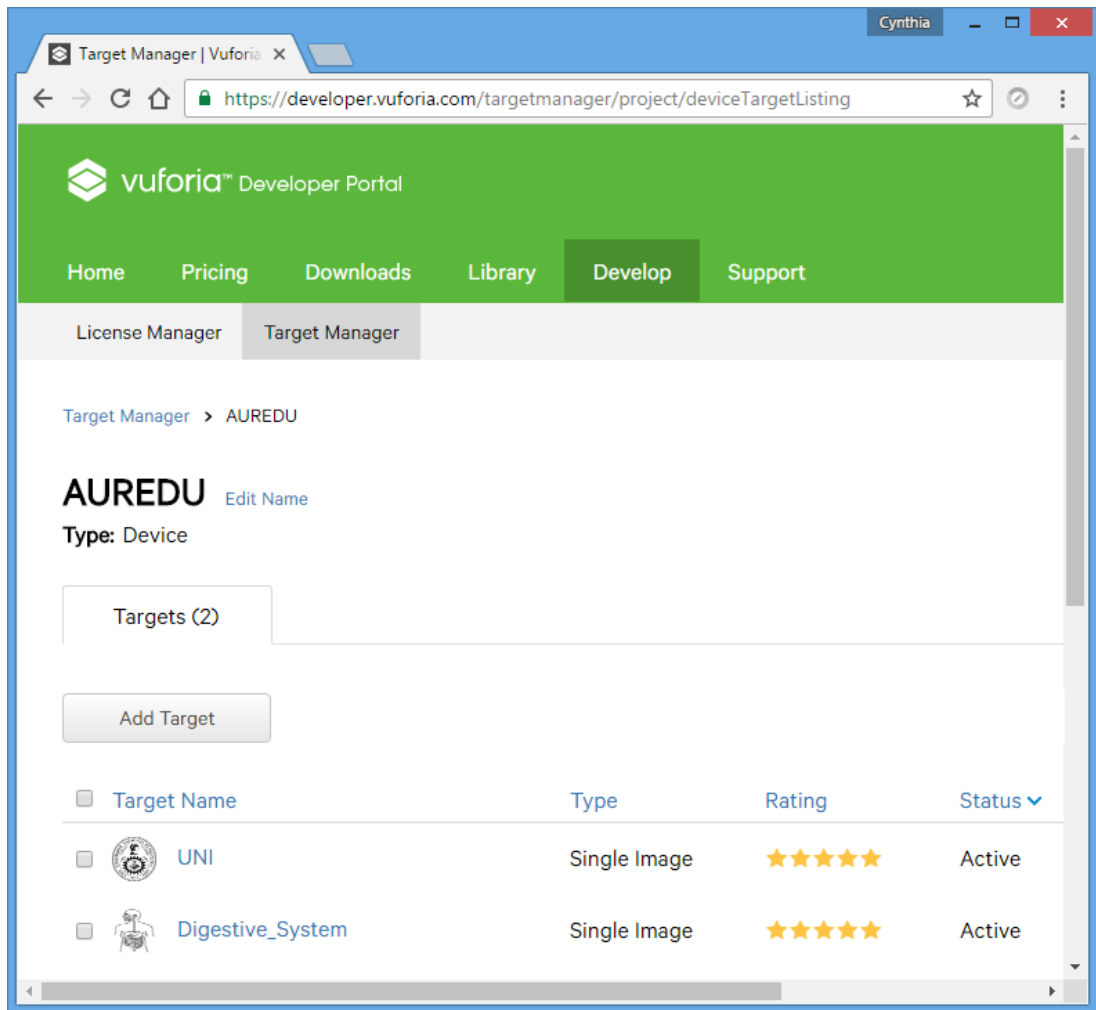


Figura 69: Base de Datos de AUREDU
Fuente: Vuforia

El siguiente paso es importar la Base de Datos de Vuforia en Unity, como se aprecia en la figura 70.

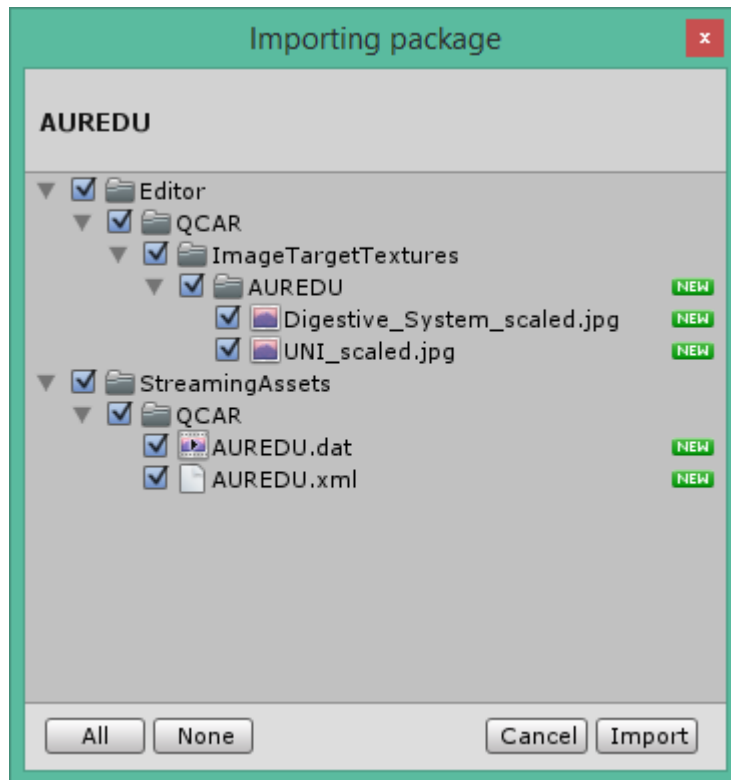


Figura 70 Importación de imágenes, de Vuforia a Unity
Fuente: Unity

De esta manera, se podrá asociar el ImageTarget, como se muestra en la figura 71, con la imagen del sistema digestivo, figura 37, target de AUREDU. Es así que al conectar una cámara web a la computadora y desplegar Unity, en el momento en que la cámara web reconoce el target de AUREDU, parte izquierda de la figura 71, se visualiza en la pantalla el modelo 3D, como se aprecia en la parte derecha de la figura 71. Lo que se observa en la parte del medio de la figura 71 es la escena de Unity y la jerarquía del proyecto en Unity. En la figura 72 se presenta AUREDU en Unity en el momento en que se está programando la funcionalidad de mostrar partes.

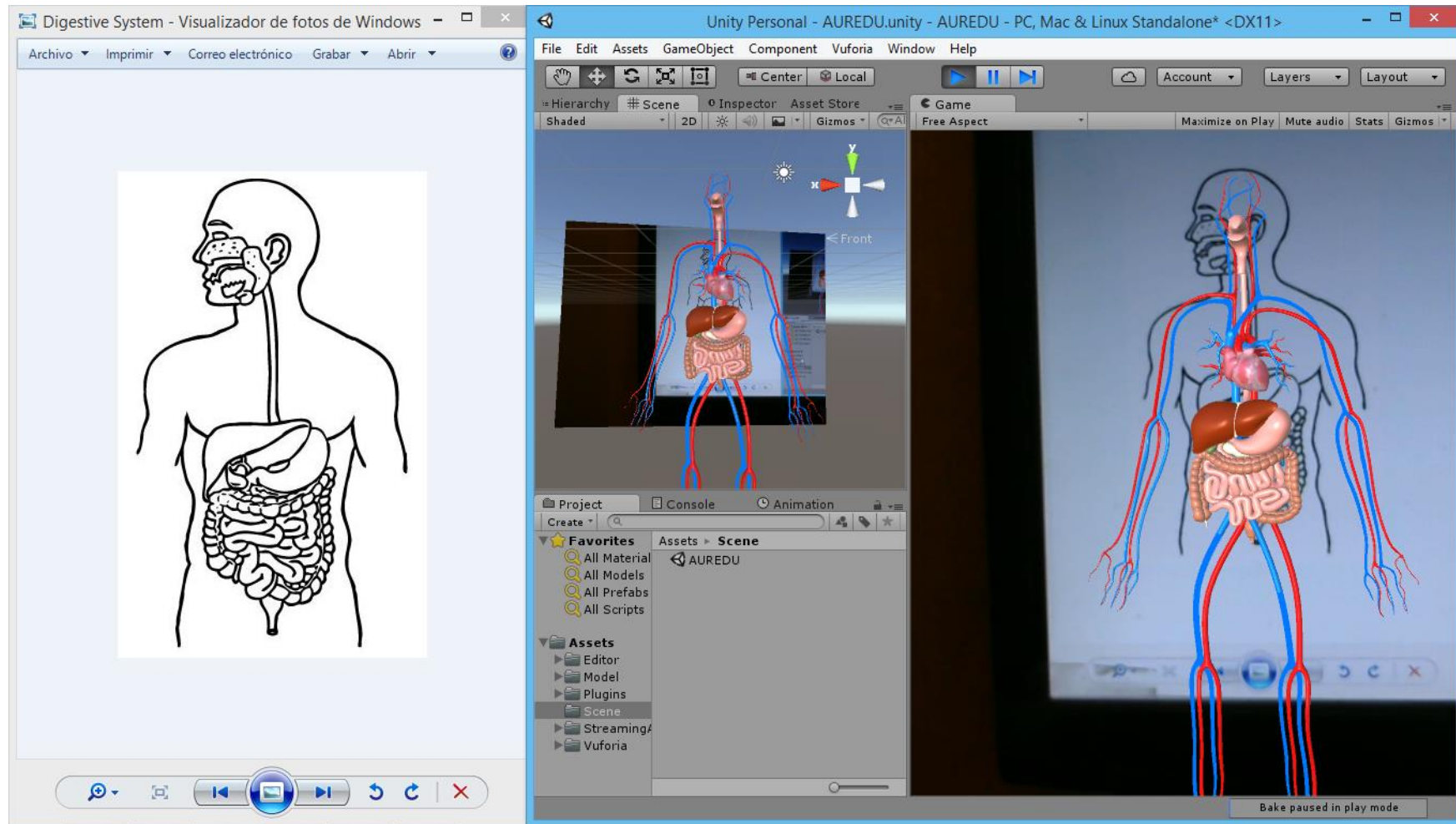


Figura 71: Reconocimiento del sistema digestivo
Fuente: Unity

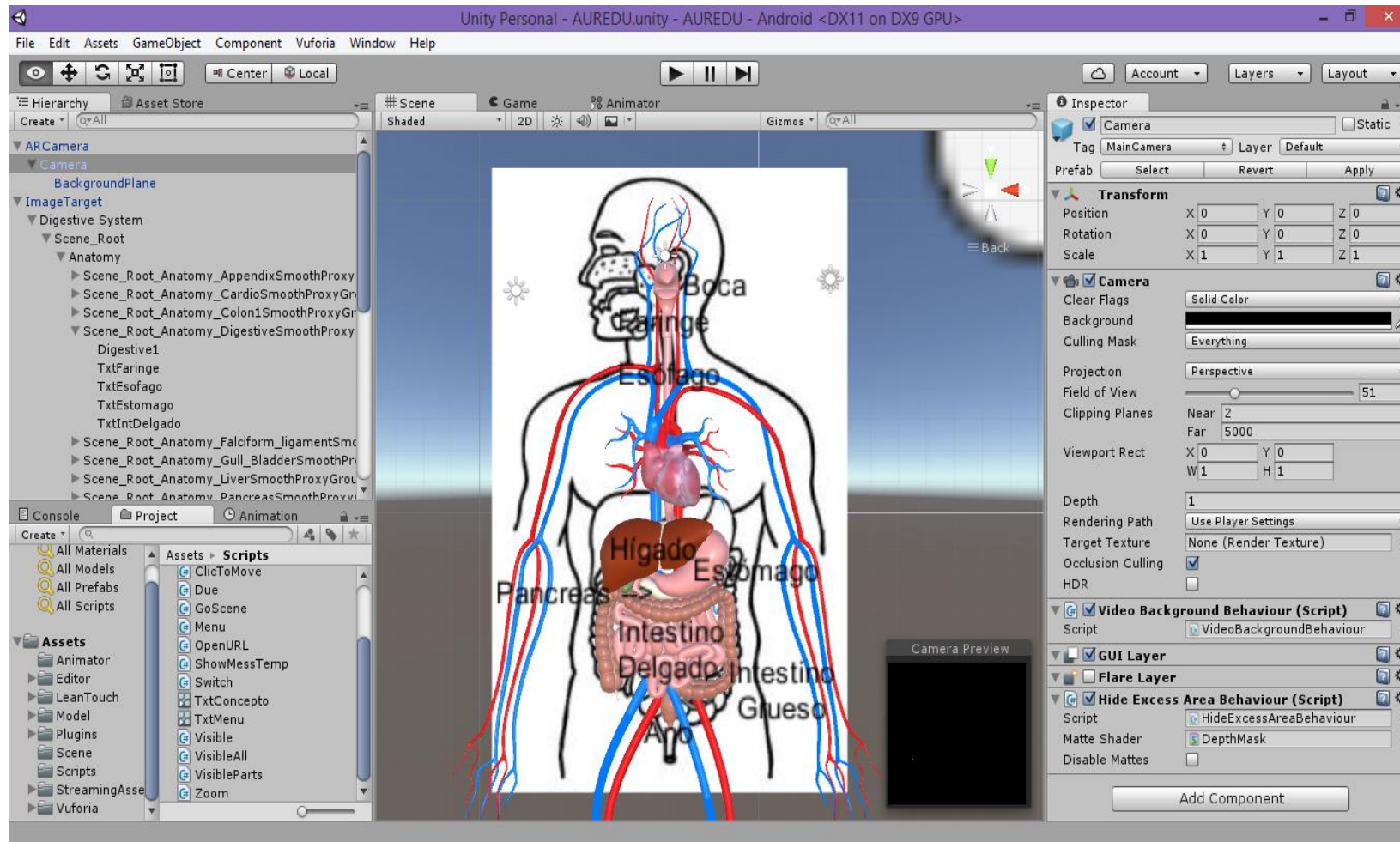


Figura 72: Programando la funcionalidad de mostrar partes de AUREDU

Fuente: Elaboración Propia utilizando Unity

AUREDUC es un aplicativo que se puede instalar en cualquier dispositivo con sistema operativo Android, y utilizando la cámara del dispositivo se reconoce el target y se muestra el modelo 3D, como se aprecia en la figura 73.

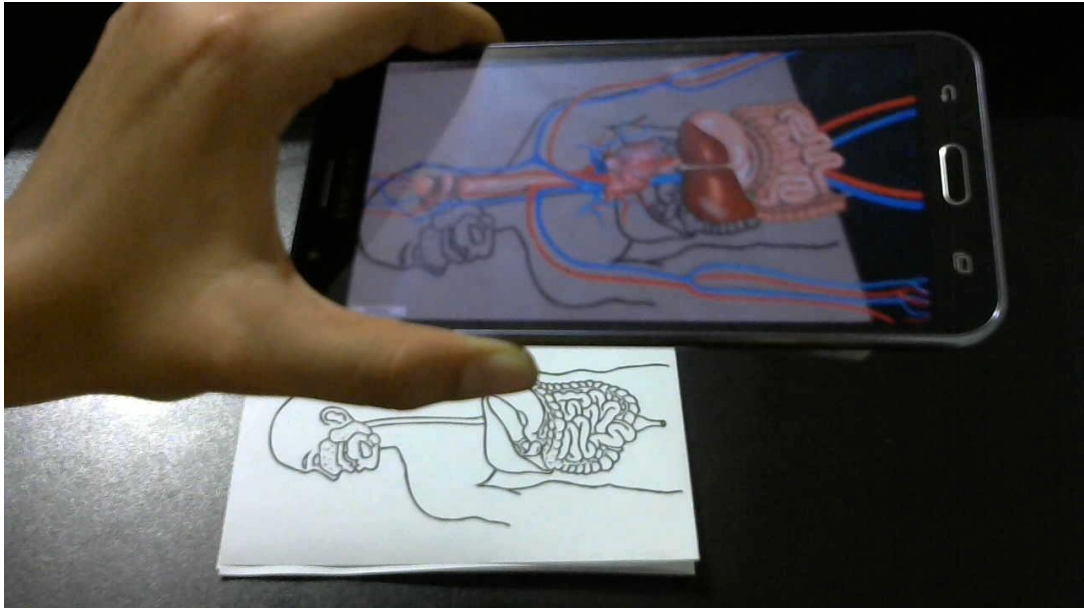


Figura 73: AUREDUC instalado en un celular con sistema operativo Android
Fuente: Elaboración Propia

Para que AUREDUC pueda brindar todas las funcionalidades detalladas en la sección “3.3 Análisis de los requisitos de AUREDUC”, se cuenta con un menú, el desarrollo del menú se muestra en la figura 74. En la figura 75 se muestra al aplicativo en ejecución desde un celular con las opciones “Menu” y “Sist. Circ”. En la figura 77, se observa las opciones, desplegadas, de “Menu” desde un celular.

El menú contará con los siguientes botones:

- **Menu:** Botón que al activarlo muestra un menú con las opciones de Concepto, Girar y Partes.
 - **Concepto:** Muestra un pop up del concepto del sistema digestivo.

- **Girar:** Permite girar 360° el modelo de AUREDU.
- **Partes:** Permite ver las partes del sistema digestivo.
- **Sist. Circ.:** Por defecto, AUREDU solo mostrará el sistema digestivo – main topic – y con este botón se mostrará de manera complementaria el sistema circulatorio.

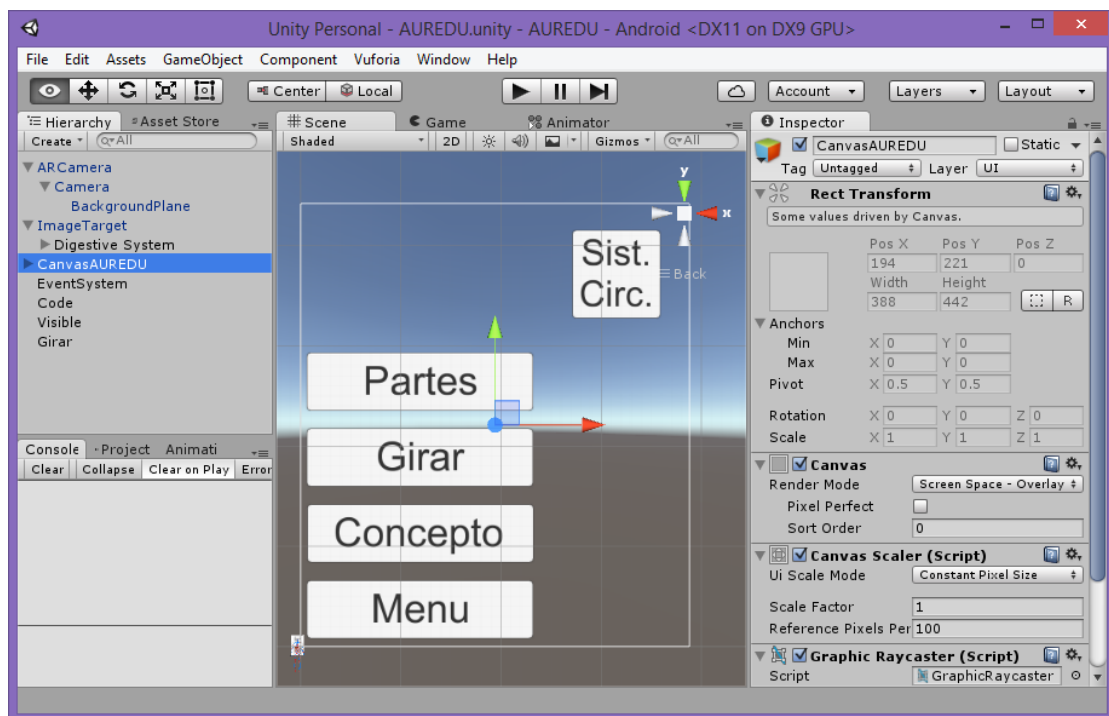


Figura 74: Menú de AUREDU
Fuente: Elaboración propia utilizando Unity

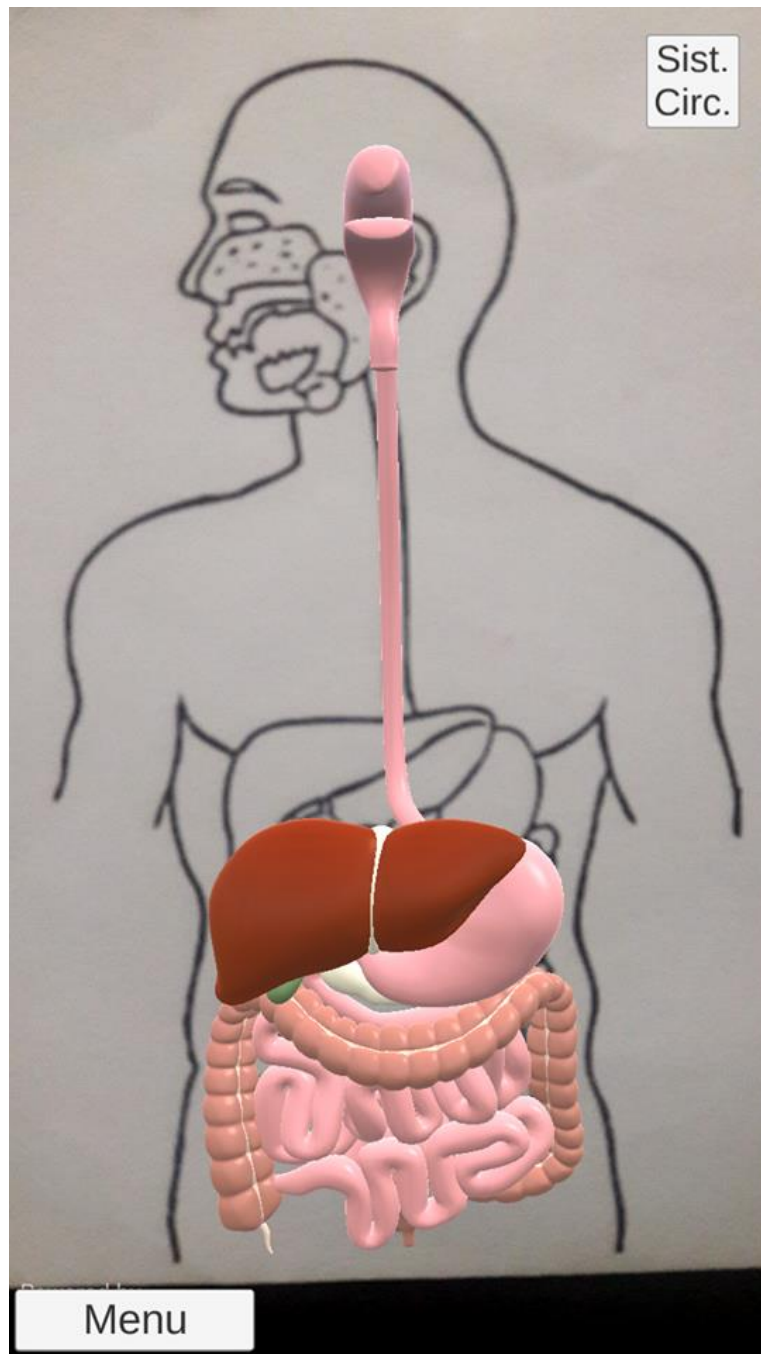


Figura 75: Menú que aparece cuando AUREDÚ reconoce el target
Fuente: Elaboración propia

El botón Menú debe de activar un menú despegable, para lo cual se trabaja con animaciones, como se observa en la figura 76.



Figura 76: Animaciones de las opciones del menú desplegable
Fuente: Elaboración propia utilizando Unity.

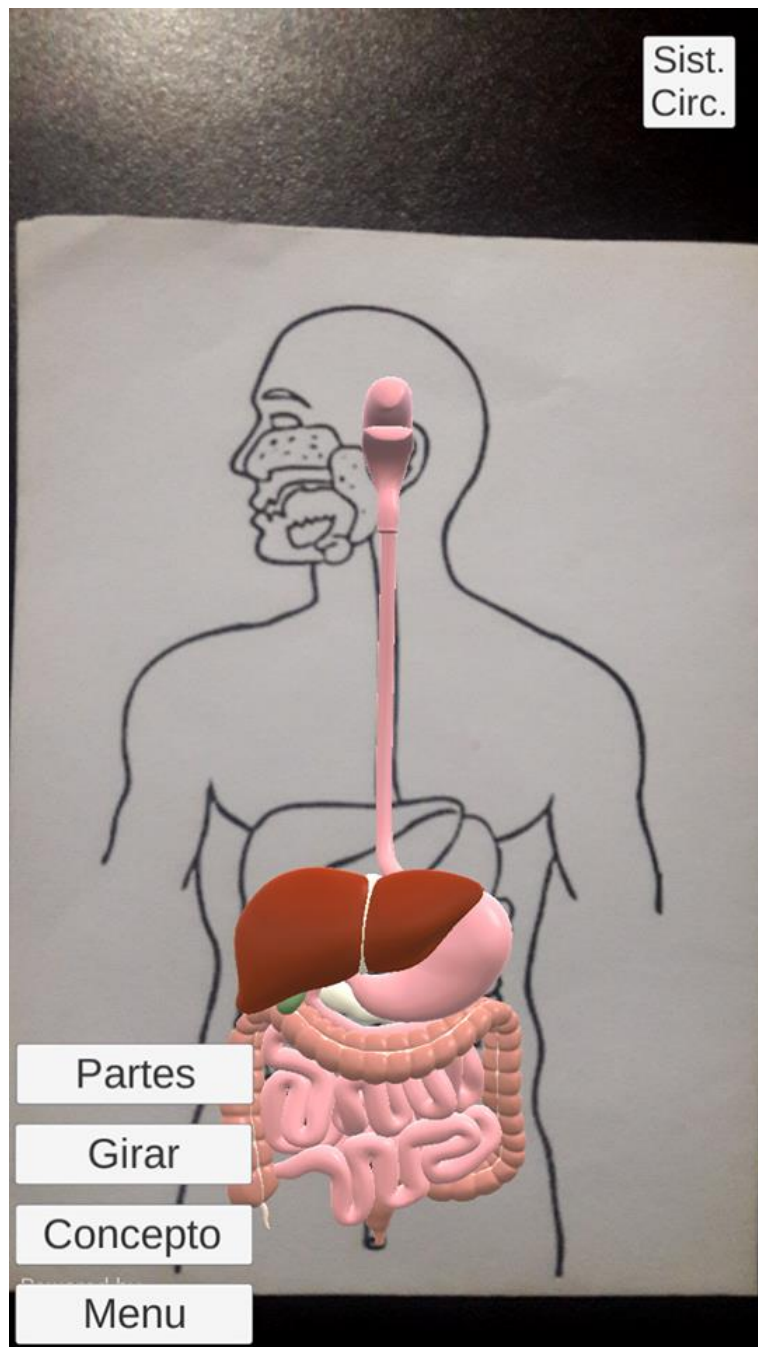


Figura 77: Menú con todas con todas las opciones
Fuente: Elaboración propia

Uno de los requisitos funcionales es que el menú mostrado en la figura 75 aparezca cuando AUREDÜ reconozca el target, para ello se utiliza el script de la figura 79 para reiniciar los valores de los parámetros de los elementos de AUREDÜ.

```
private void OnTrackingLost()
{
    Renderer[] rendererComponents = GetComponentsInChildren<Renderer>(true);
    Collider[] colliderComponents = GetComponentsInChildren<Collider>(true);

    // Disable rendering:
    foreach (Renderer component in rendererComponents)
    {
        component.enabled = false;
    }

    // Disable colliders:
    foreach (Collider component in colliderComponents)
    {
        component.enabled = false;
    }

    Debug.Log("Trackable " + mTrackableBehaviour.TrackableName + " lost");
    btn1.transform.localScale = new Vector3(0, 0, 0);
    btn2.transform.localScale = new Vector3(0, 0, 0);
    btn3.transform.localScale = new Vector3(0, 0, 0);
    btn4.transform.localScale = new Vector3(0, 0, 0);
    btn5.transform.localScale = new Vector3(0, 0, 0);
    restart.OnMouseUpAsButton ();
    restart2.OnMouseUpAsButton ();
    boton.showMenu =true;
}
```

Figura 78: Script que reinicia los valores de los parámetros de los elementos de AUREDÜ.

Fuente: Elaboración propia

Además, el botón Girar activa otras dos opciones, los cuales se muestran en la figura 79.

- ►: Play para que el modelo de AUREDÜ gire 360° de manera gradual. Al volver a activar este botón se detiene el modelo en la posición que se encuentre.
- 180°: Hace girar 180° al modelo de AUREDÜ respecto a la posición inicial por defecto. Al volver a activar este botón el modelo vuelve a su posición inicial por defecto.

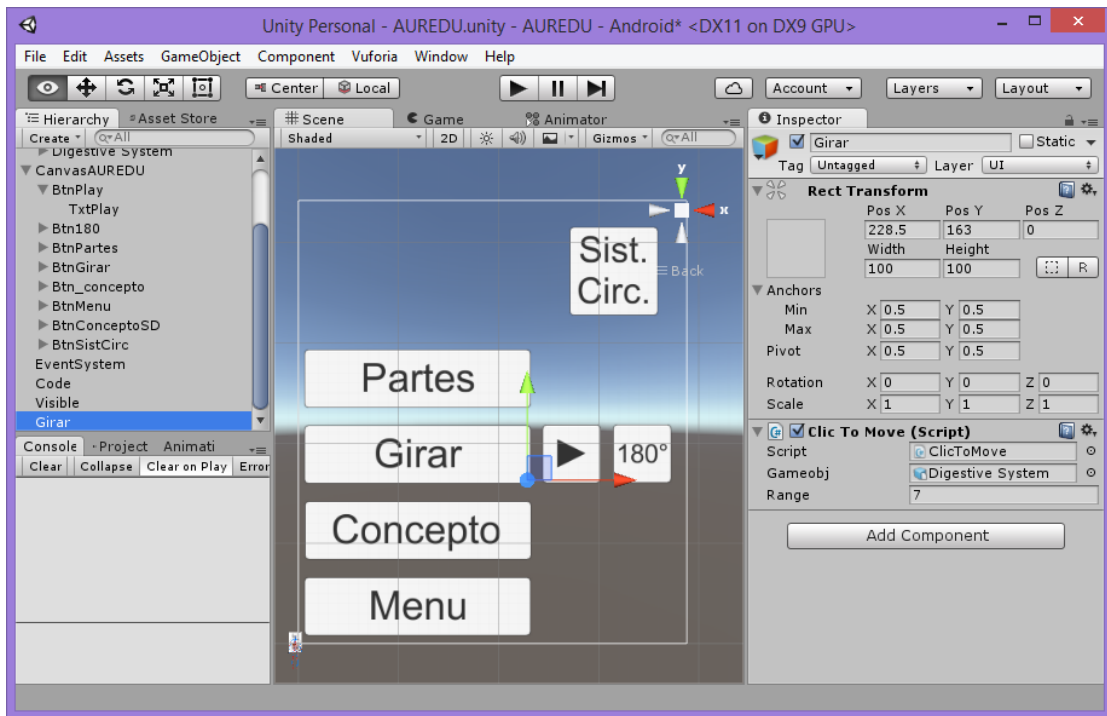


Figura 79: Botón “Play” y “180°” en el menú del botón de Girar
Fuente: Elaboración propia utilizando Unity

Al dar clic en el botón “Concepto” aparece el pop up que se muestra en la figura 80, con el concepto del sistema digestivo.

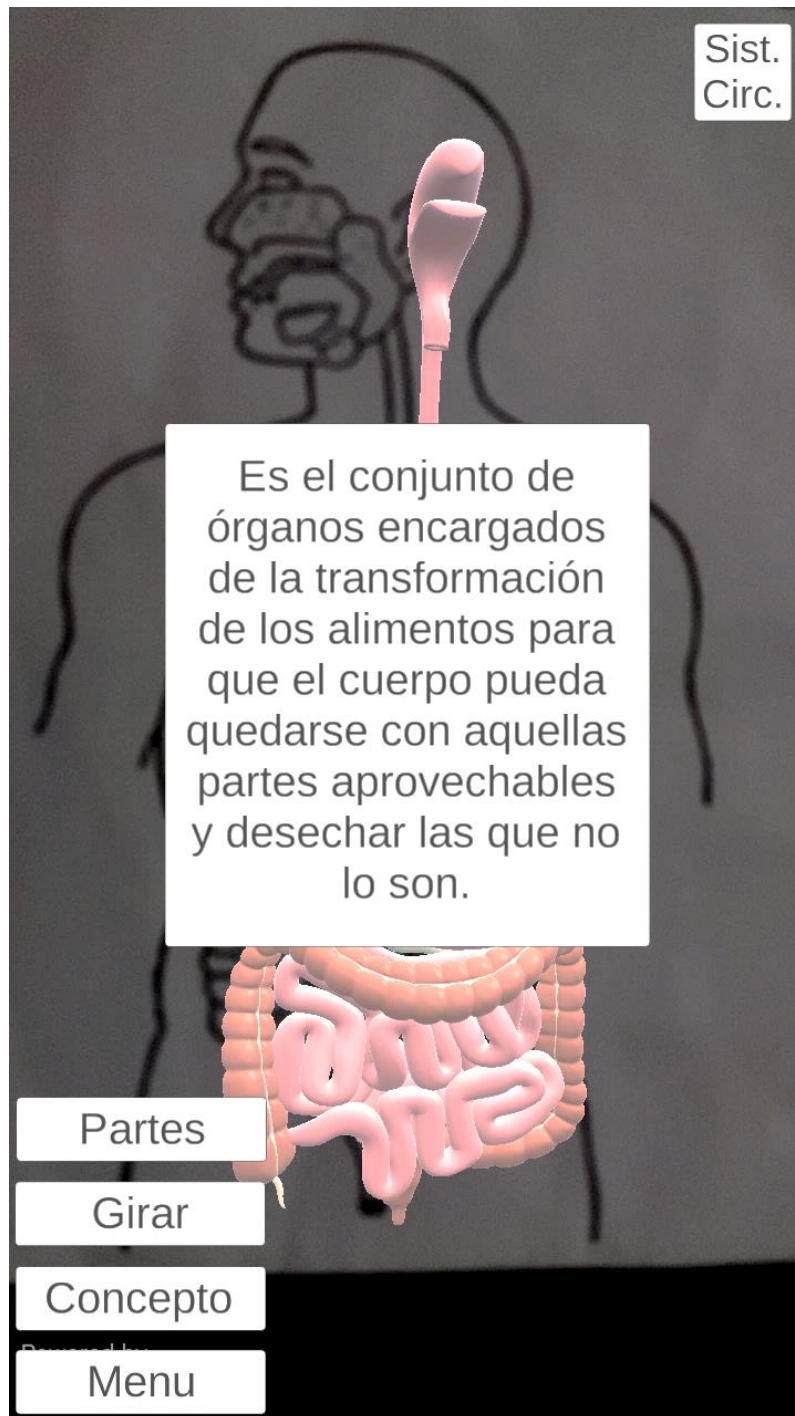


Figura 80: Boton "Concepto" activado
Fuente: Elaboración propia

Para visualizar el concepto de cada órgano del sistema digestivo, se debe de seleccionar tocando al órgano, para ello se trabaja con colliders, como se observa en la figura 81.

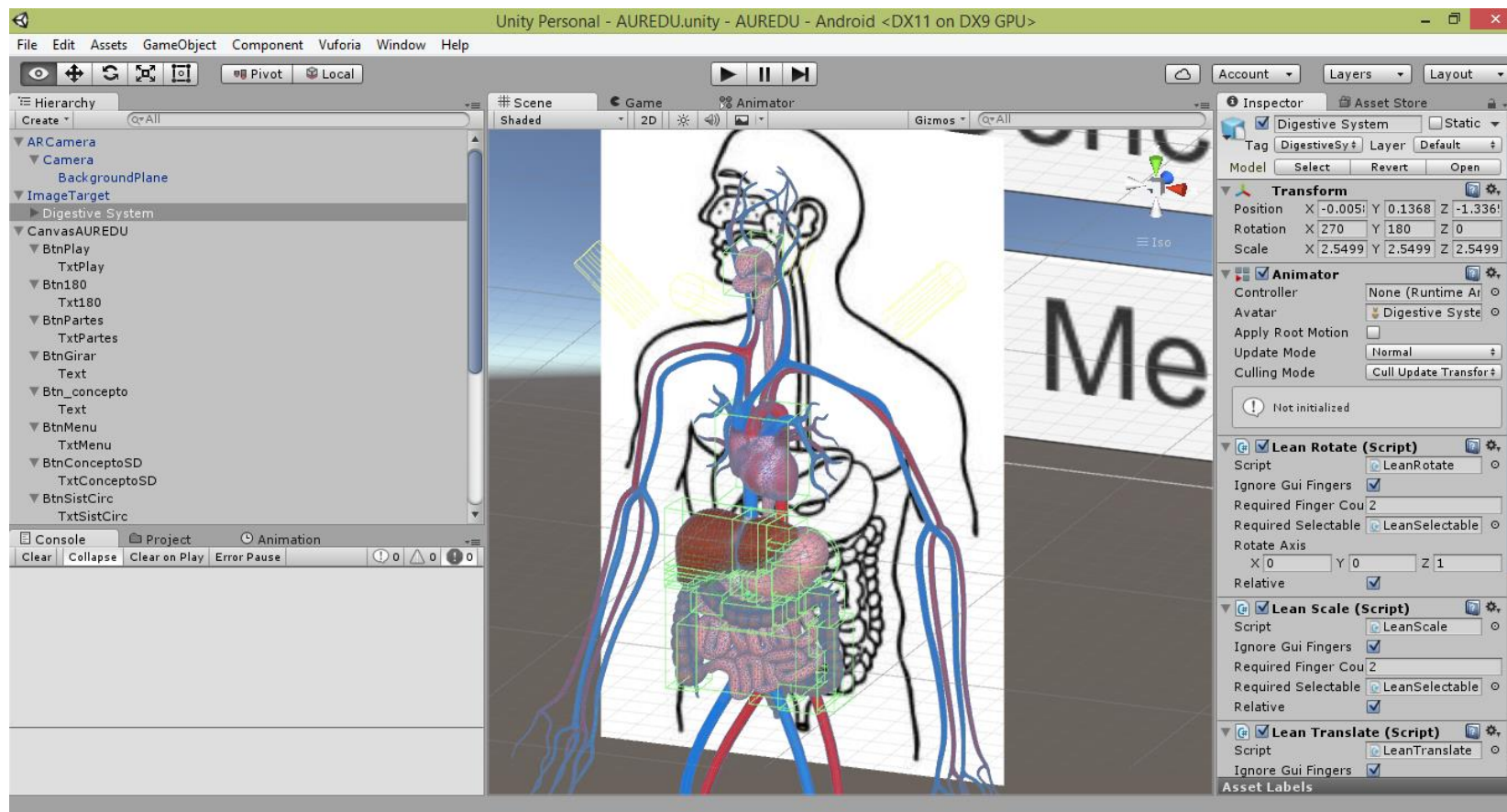


Figura 81: Colliders del sistema digestivo
Fuente: Elaboración propia utilizando Unity

En la figura 82. Se visualiza que, para un órgano, por ejemplo: el hígado, se utilizaron un conjunto de colliders, líneas verdes alrededor del hígado, para cubrir el modelo 3D con mayor exactitud.

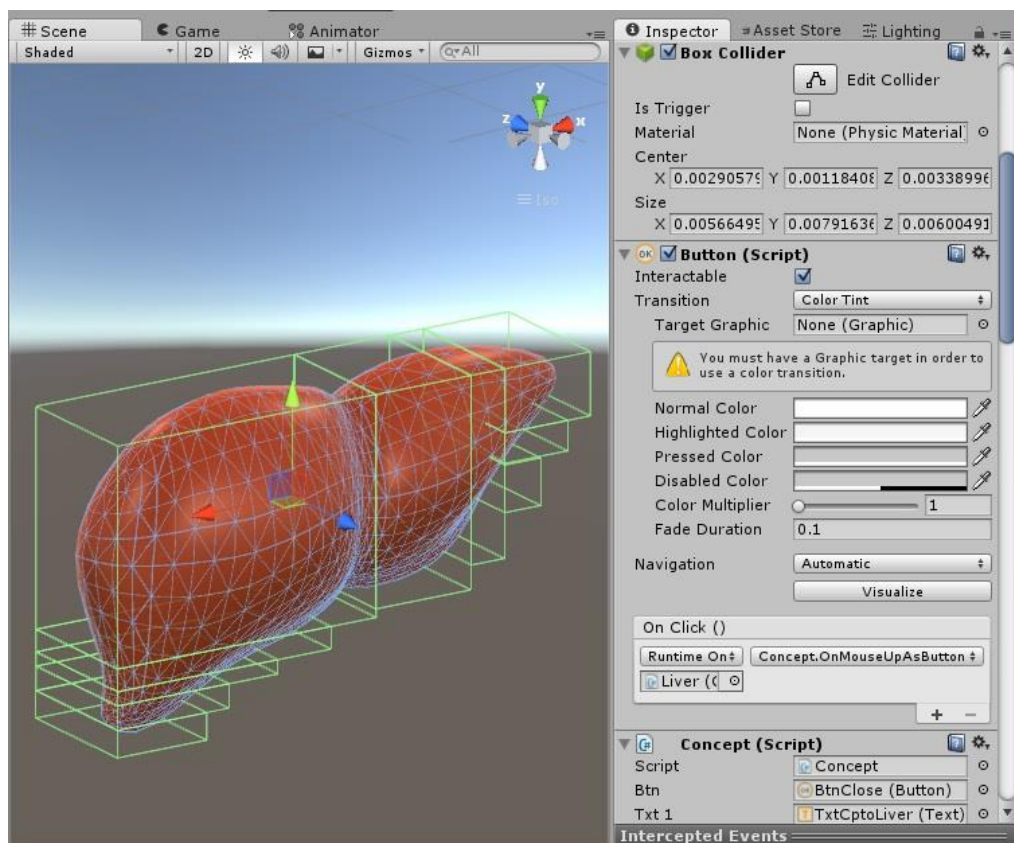


Figura 82: Colliders del hígado
Fuente: Elaboración propia utilizando Unity

Como se observa en la figura 82, con el collider y el componente "Button", se está otorgando la funcionalidad de que al dar clic sobre el hígado (sobre los colliders), se active el script "Concept", script que permite visualizar el concepto de los órganos del sistema digestivo, como se muestra en la figura 83, esto se logra con el manejo de escalas en el texto.

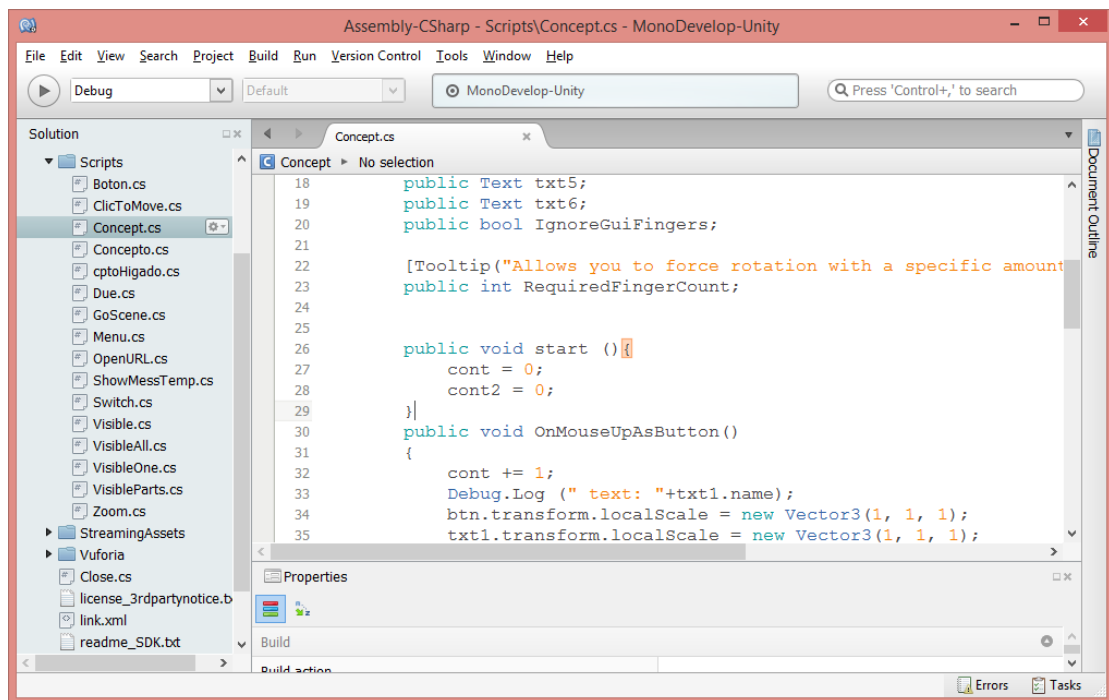


Figura 83: Script concept
Fuente: Elaboración propia

En la figura 84, se muestra el texto, de los objetos Text en el proyecto AUREDUC, con las definiciones de los órganos.

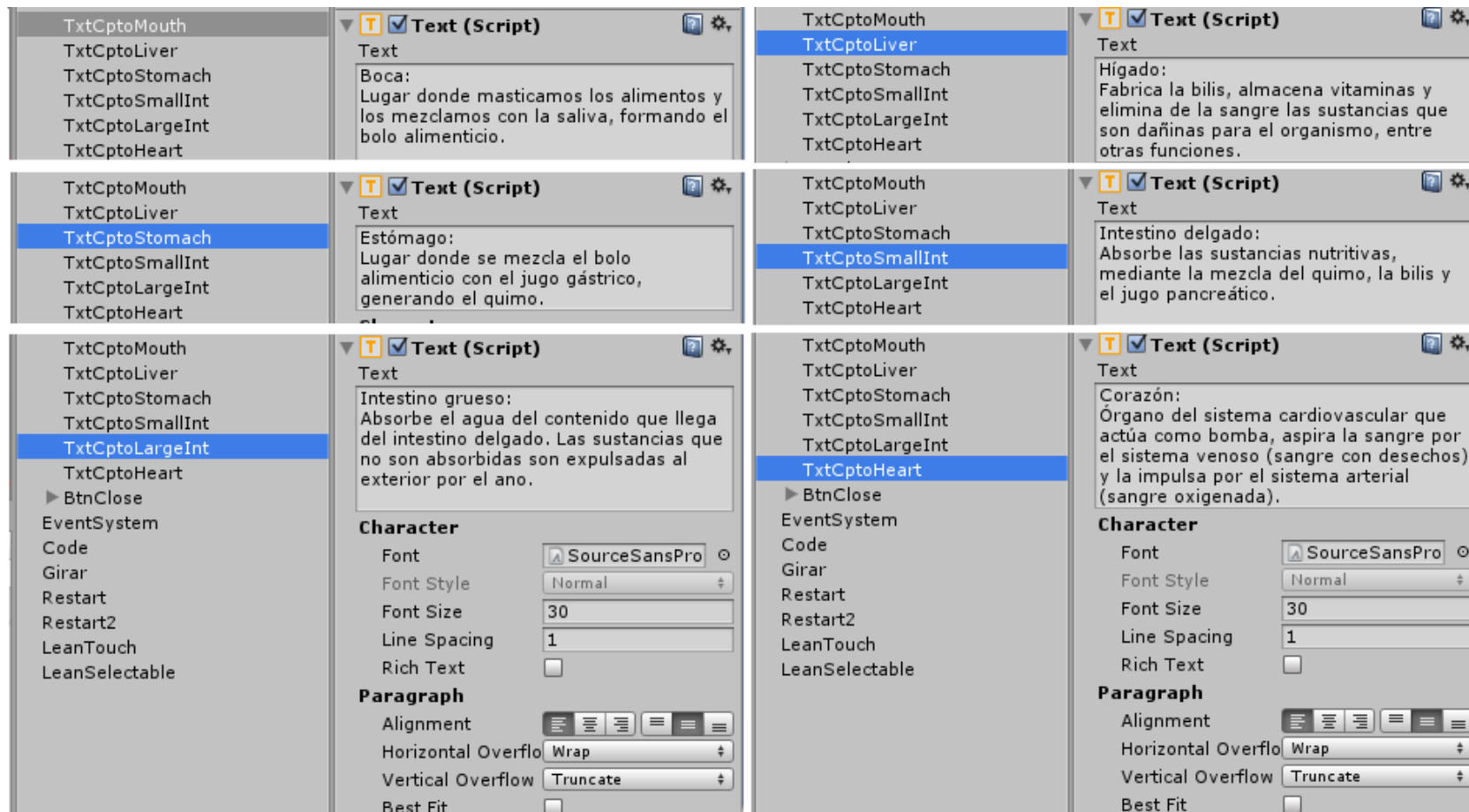


Figura 84: Conceptos de los órganos asociados a objetos Text de Unity

Fuente: Elaboración propia utilizando Unity

En la figura 85, se muestra como se observa el concepto del intestino grueso al ser desplegado en un celular.

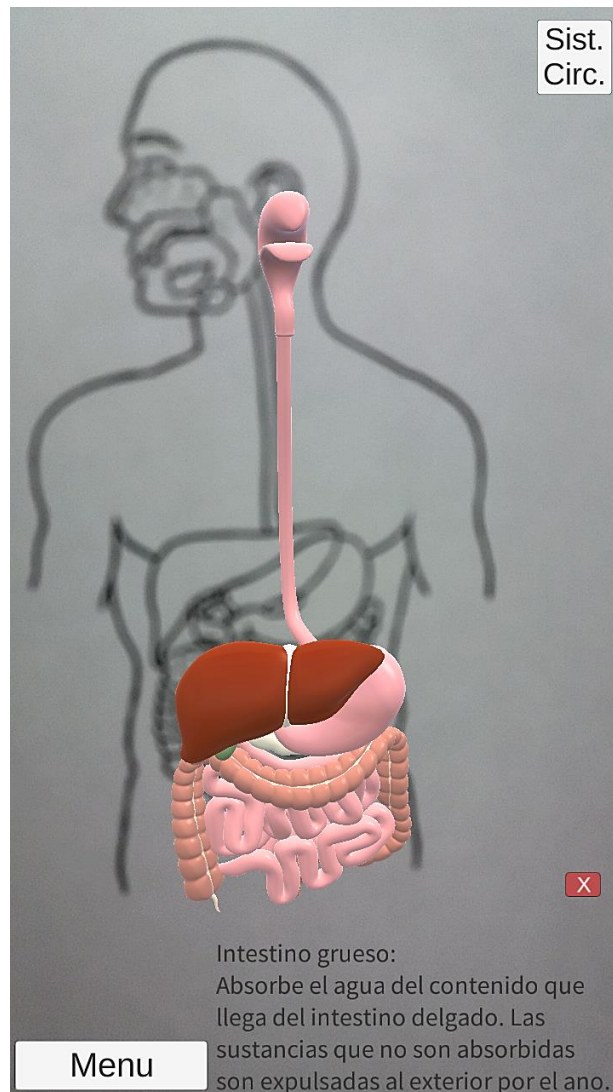


Figura 85: Concepto del intestino grueso, visualizado al ser desplegado AUREDÚ en un celular
Fuente: Elaboración propia

Al dar clic en el botón “Girar” aparecen dos opciones más, como se observa en la figura 86. Al activar la opción “▶”, el modelo 3D de AUREDU empieza rotar 360° de manera gradual y continua, al activar nuevamente este botón la rotación se detiene.

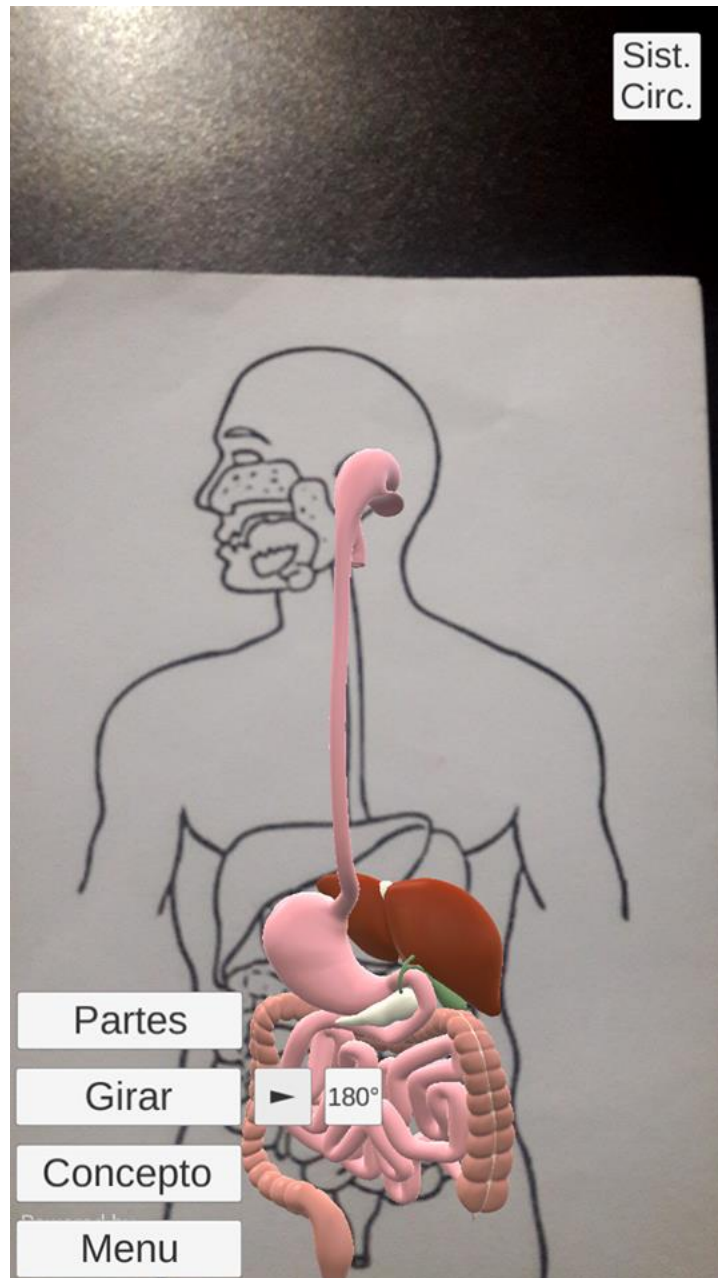


Figura 86: Vista desde otra perspectiva del modelo 3D de AUREDU al activar el botón ▶

Fuente: Elaboración propia

En la figura 87, se observa el componente "Clic to move", el cuál es un script que permite que el modelo de AUREDÜ gire gradualmente, como se observa el valor del parámetro Range es 7, lo cual significa que el modelo de AUREDÜ girará a una velocidad angular de 7 grados.

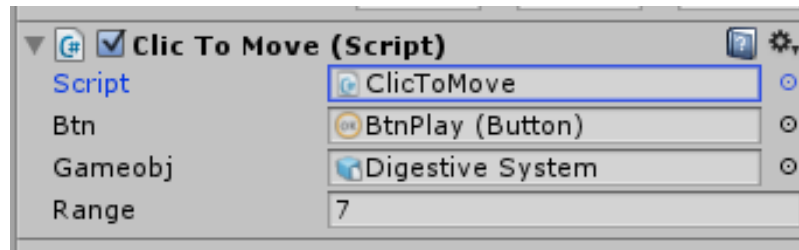


Figura 87: Componente "Clic to move"
Fuente: Elaboración propia utilizando Unity

El botón "180°" gira 180° al modelo 3D respecto a su posición inicial. En caso que el sistema digestivo este mirando de frente, la nueva posición del modelo 3D, al presionar el botón "180°", será la que se observa en la figura 88.

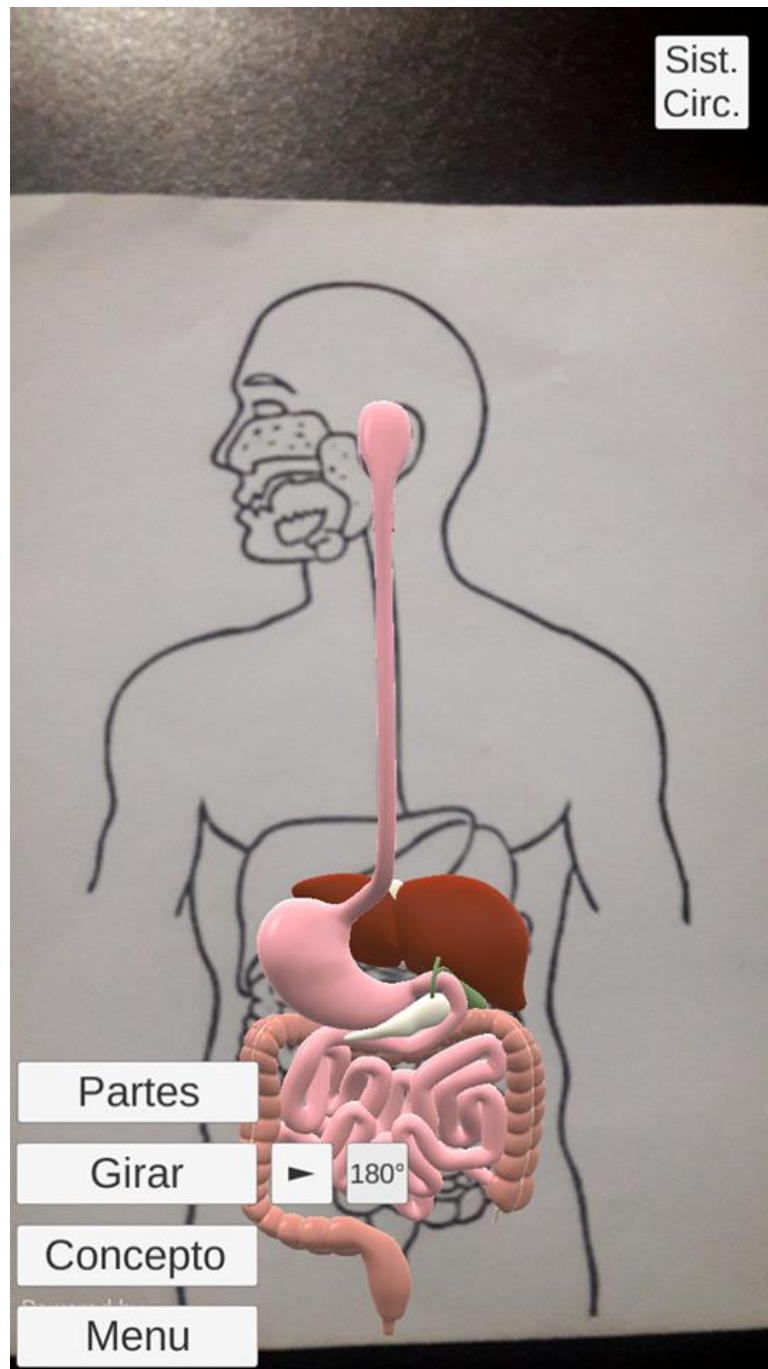


Figura 88: Modelo 3D con un giro de 180°
Fuente: Elaboración propia

Las funciones de las opciones “▶” y “180°” se activan para todos los componentes de AUREDÚ; por ejemplo, al activar el botón “180°”, todos los componentes del modelo 3D giran 180° con respecto a la posición inicial, como se muestra en la figura 89.

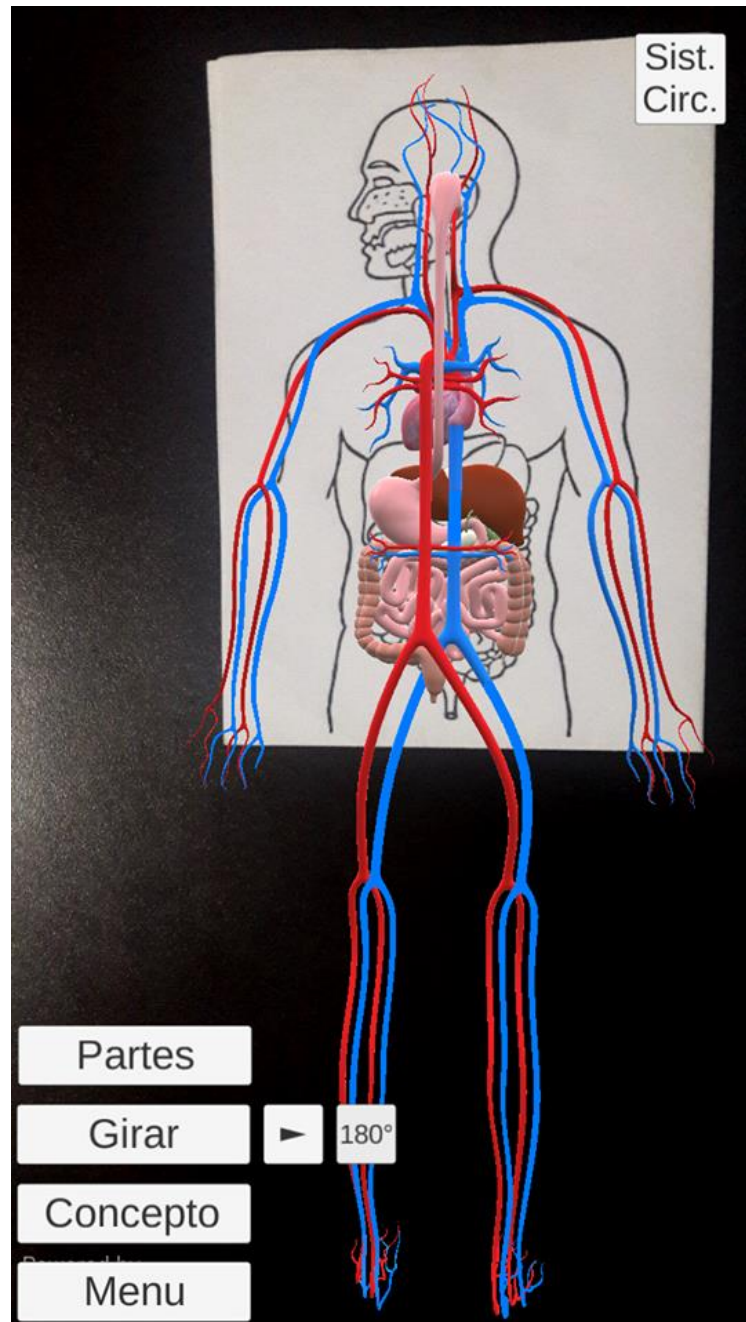


Figura 89: Componentes del modelo 3D de AUREDÚ afectados en conjunto por la función del botón “180°”

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, para lograr una mayor interacción con el usuario, AURED U permite la rotación, traslación y zoom de su modelo 3D utilizando los dedos en una pantalla táctil. Una parte del script utilizado para lograr lo descrito se muestra en la figura 90.

```
private void Rotate(Vector3 center, float degrees)
{
    if (Relative == true)
    {
        var worldReferencePoint = Camera.main.ScreenToWorldPoint(center);
        transform.RotateAround(worldReferencePoint, Camera.main.transform.forward, degrees);
    }
    else
    {
        transform.rotation *= Quaternion.AngleAxis(degrees, RotateAxis);
    }
}
```

Figura 90. Parte del script que permite la rotación del modelo de AURED U.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 91 se observa el resultado de girar el modelo 3D de AUREDU utilizando los dedos en una pantalla táctil (un smartphone).

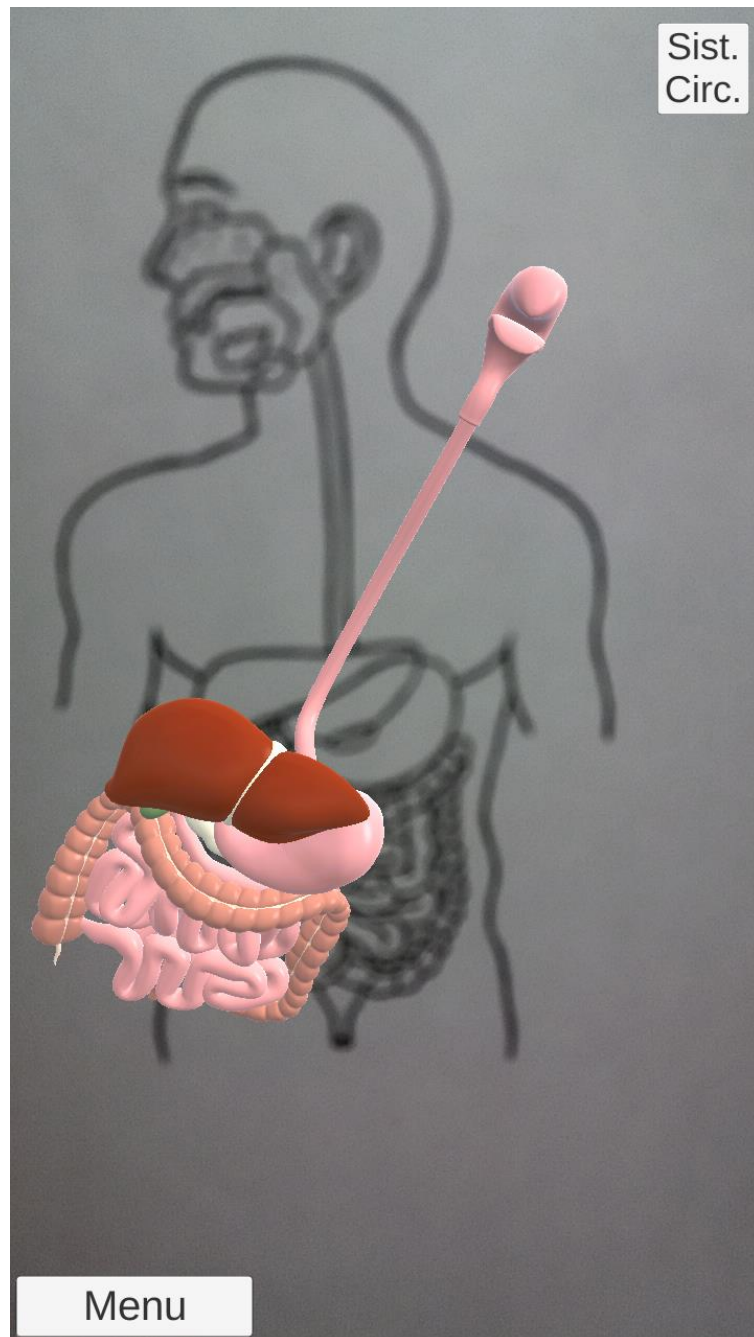


Figura 91: Rotación de manera táctil del modelo de AUREDU
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 92 se observa el efecto del zoom sobre el modelo 3D.

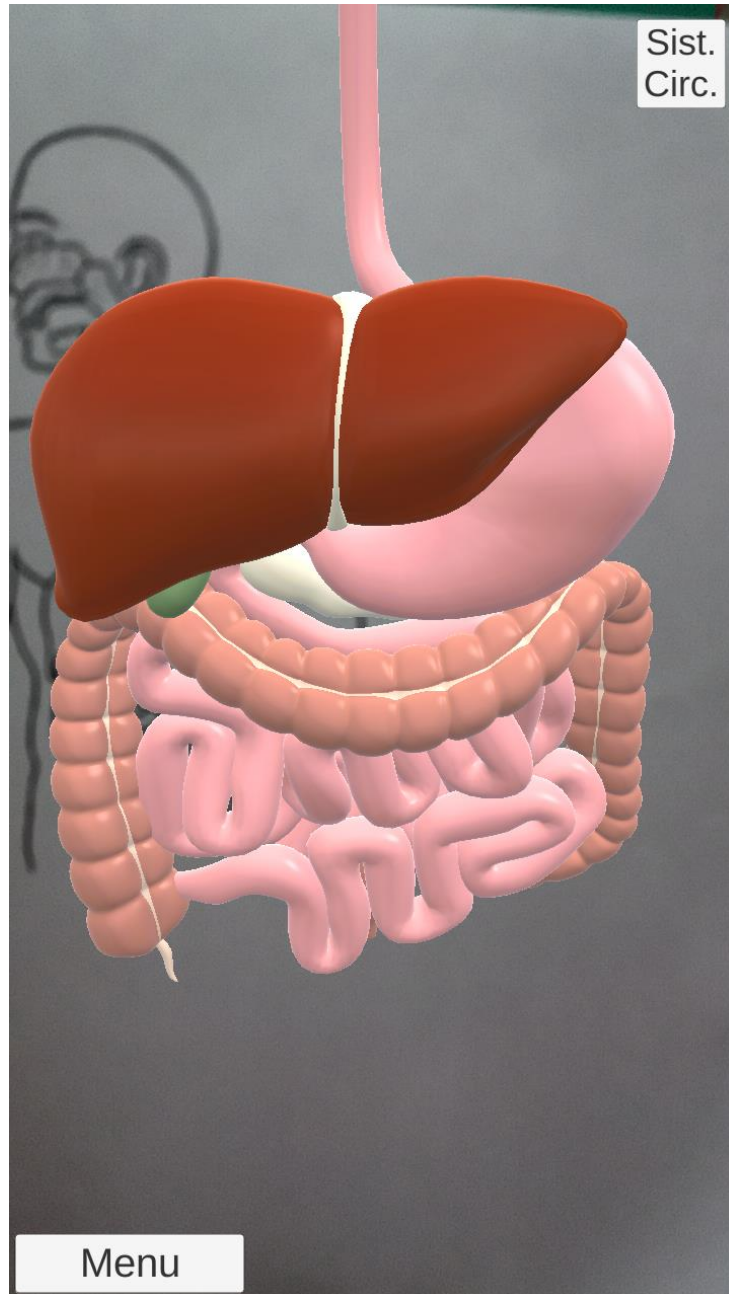


Figura 92: Zoom, realizado de forma táctil, al modelo 3D de AUREDU
Fuente: Elaboración propia

En la derecha de la figura 93 se observa el modelo del sistema digestivo al inicio de la aplicación. En la izquierda, el modelo circulatorio es mostrado junto al modelo digestivo; ambos modelos han sido desplazados a la parte derecha superior.

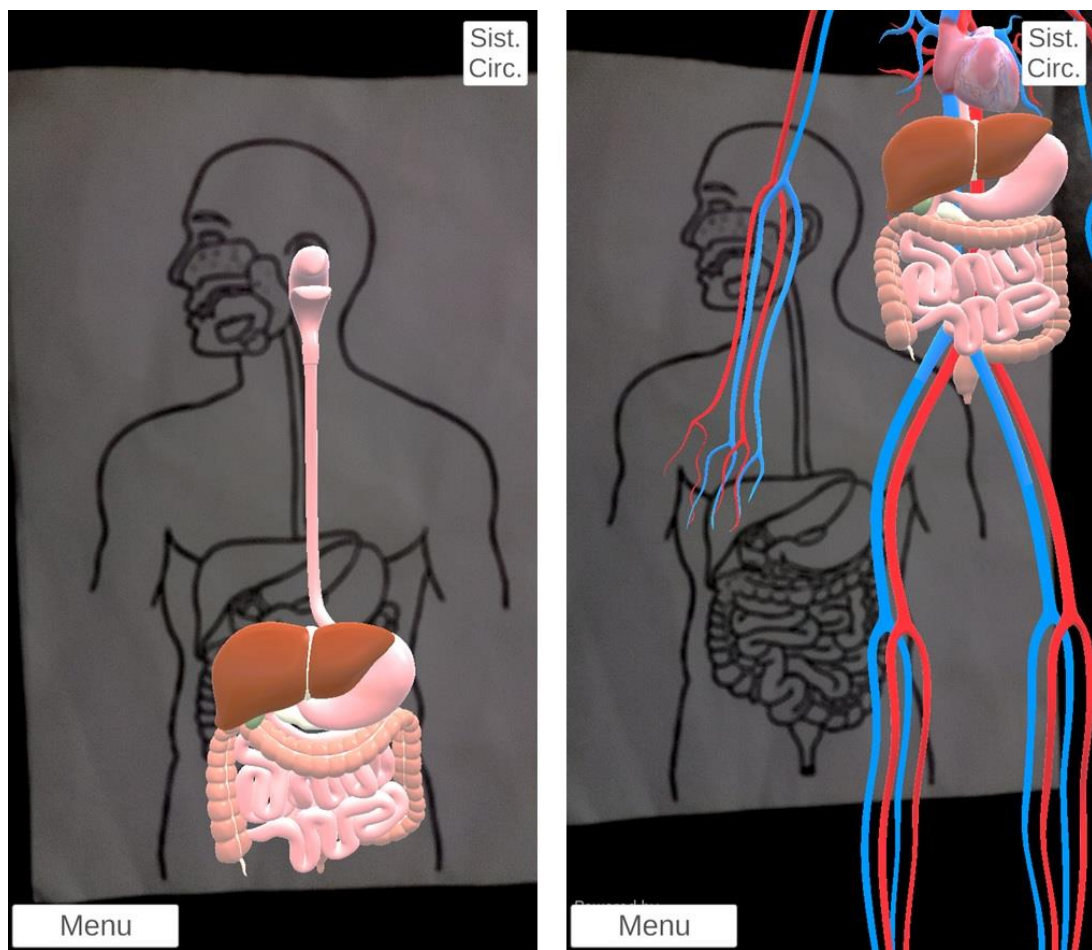


Figura 93: Traslación del modelo 3D de AUREDU
Fuente: Elaboración propia

El botón “Partes” activa las etiquetas que indican las partes del sistema digestivo, como se aprecia en la figura 94.

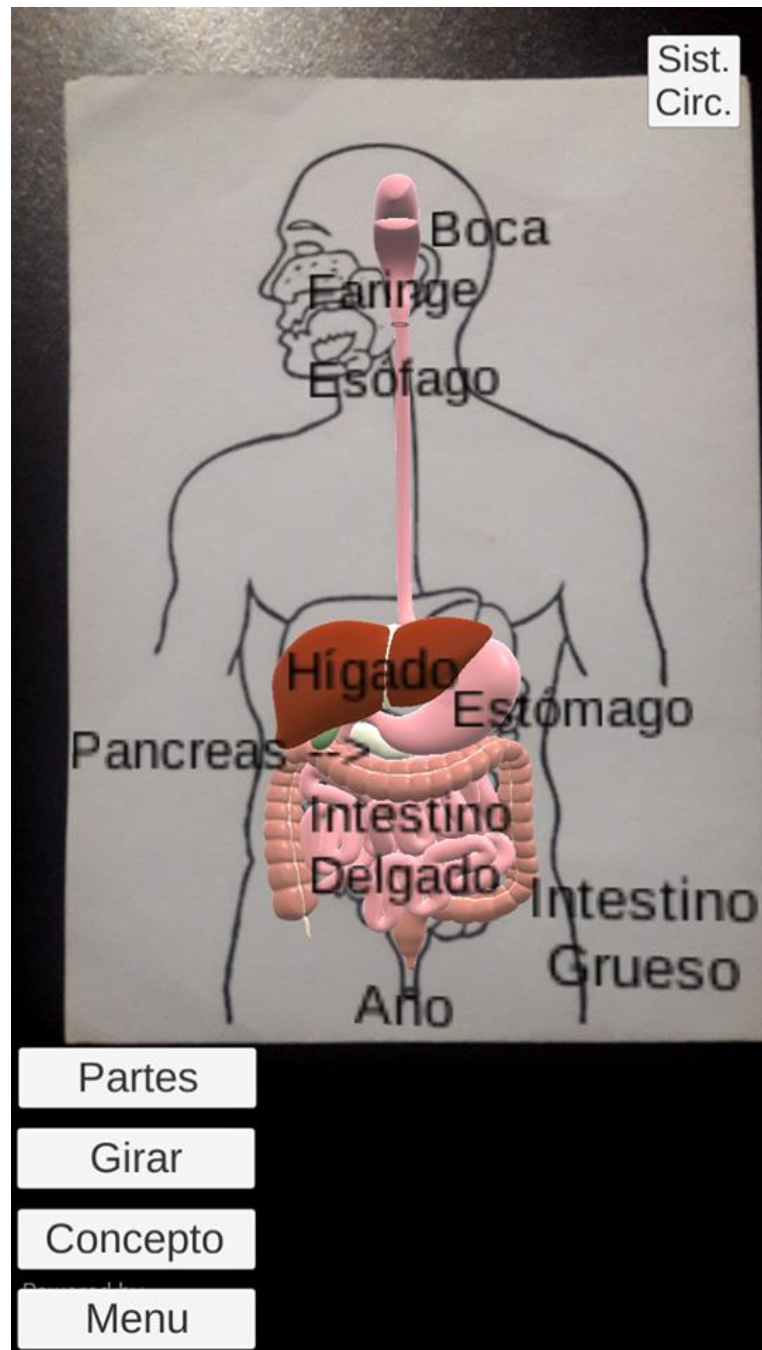


Figura 94: Sistema digestivo con etiquetas de sus componentes
Fuente: Elaboración propia

Al volver a activar este botón, los nombres de los componentes desaparecen.

Al activar el botón “Sist. Circ.” aparece el sistema circulatorio, complementario al sistema digestivo, como se muestra en la figura 95.

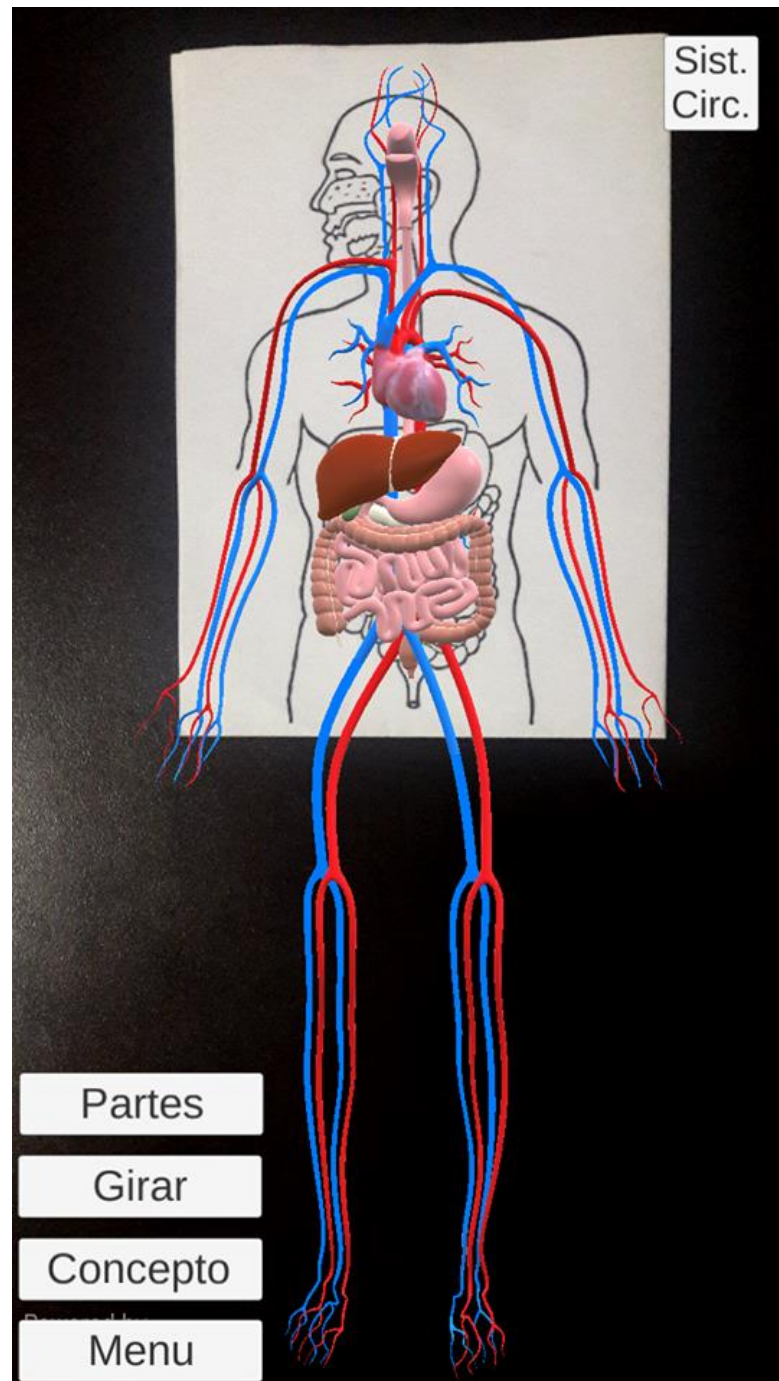


Figura 95: Sistema circulatorio en conjunto al sistema digestivo
Fuente: Elaboración Propia

AUREDU, brinda la facilidad de ver sus componentes desde distintas perspectivas, como se observa en la figura 96.

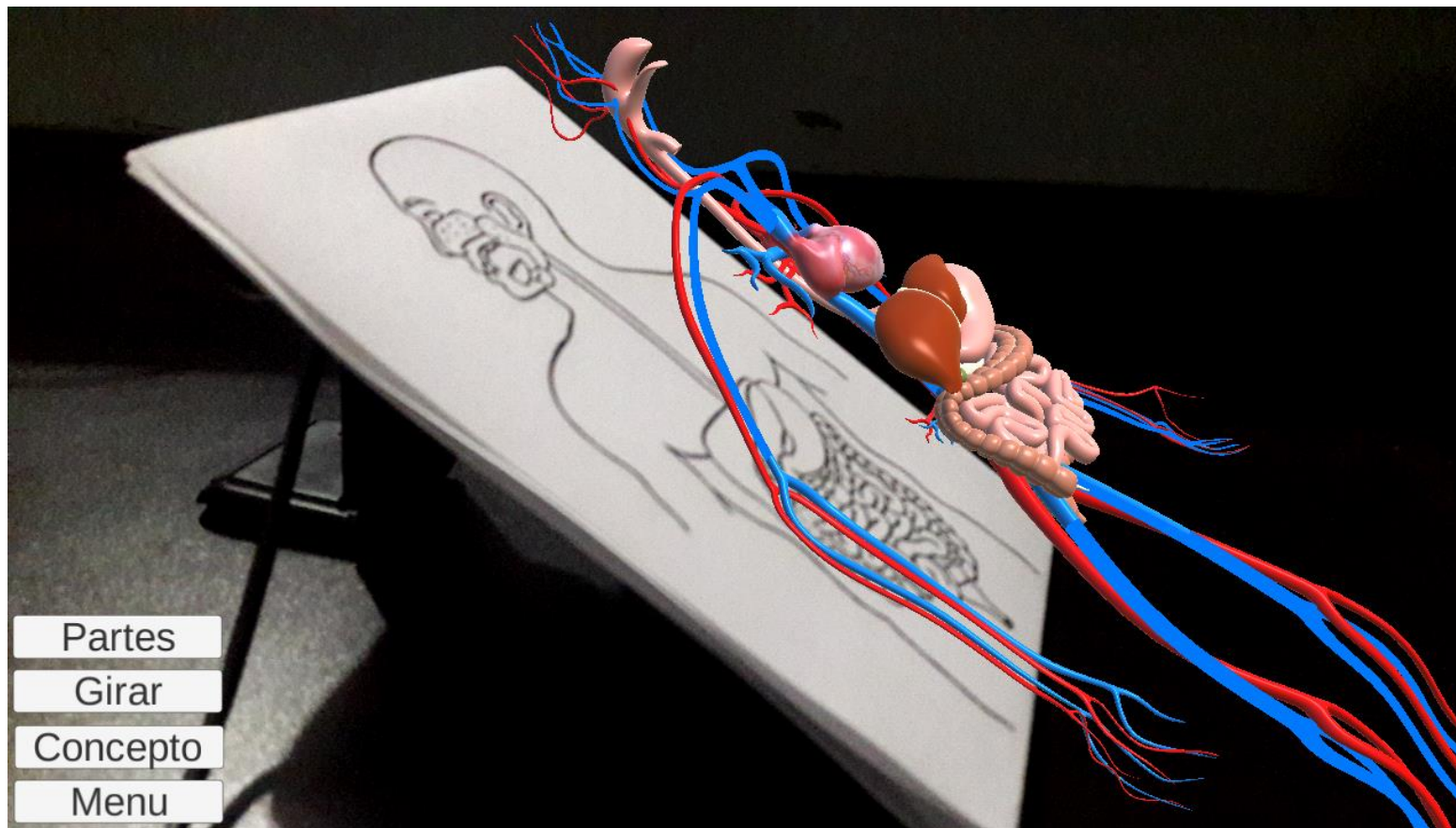


Figura 96: AUREDU permite ver desde distintas perspectivas el modelo
Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El principal propósito de la tesis es el análisis, diseño y desarrollo de AUREDU; sin embargo, para estimar el impacto que AUREDU puede tener en el sistema educativo, se han realizado dos validaciones, una por cada hipótesis específica, en un grupo de control. Para este proceso de validación, se ha considerado como grupo de control a un grupo de estudiantes de un centro educativo.

Para validar el impacto de AUREDU en el rendimiento académico de los alumnos, ellos fueron evaluados con una prueba antes y después del uso de AUREDU. Así mismo, para validar la aceptación de AUREDU por parte de los estudiantes se realizó una encuesta.

5.1 Características del grupo de control

Para la validación de AUREDU, se buscó un grupo de control con las siguientes características:

- Grupo de niños de segundo grado de educación primaria.
- Tema a desarrollar para la validación de AUREDU: Sistema digestivo.

El grupo de control elegido fue el segundo grado de primaria del colegio:

“I. E. P. Yachay – Huasi”

La casa del Saber

UGEL 05 S.J.L. / R.D. 06041 – 02733

La validación se realizó el jueves 02 de junio del 2016. El colegio contaba, en el momento de la validación, con un total de 25 alumnos en el segundo grado de educación primaria, de los cuáles, como se observa en la tabla 22, 15 eran niños y 10 eran niñas; en un rango de edad entre 7 y 8 años.

Tabla 22: Características del grupo de control

Fuente: Elaboración Propia

Edad \ Sexo	Femenino	Masculino	Total
<i>7 años</i>	8	11	19
<i>8 años</i>	2	4	6
<i>Total</i>	10	15	25

La figura 97 es una foto tomada al final de la validación, donde se observa los alumnos con los cuales se validó AUREDÚ, la profesora del segundo grado de primaria y mi persona.



Figura 97: Grupo de control con los que se validó AUREDU
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 98, se observa a los alumnos de 2 grado de primaria utilizando AUREDU.



Figura 98: Grupo de estudiantes utilizando AUREDU
Fuente: Elaboración Propia

5.2 Validaciones de las hipótesis específicas

❖ Validación de la hipótesis específica 1

Para evaluar la variación académica que resulta al utilizar AUREDÚ, se utilizó una mecánica de cinco pasos.

1. Primero, los alumnos recibieron la clase del sistema digestivo de manera tradicional – utilizando libros y pizarra.
2. Se realizó una evaluación académica – un examen – a los alumnos respecto a lo enseñado en clase.
3. Se realizó una clase de repaso a los alumnos utilizando AUREDÚ.
4. Se volvió a tomar la misma evaluación académica a los alumnos.
5. Se analizó la variación en el rendimiento académico – variación en las notas.

En el Anexo 3 se aprecia el examen tomado en el paso 2 y en el paso 4.

Para mantener la privacidad de los nombres de los alumnos, se referirá a ellos como Alumno 1, Alumno 2, Alumno 3, ..., Alumno 25. Los resultados de la evaluación del paso 2 se muestran en la tabla 23.

Tabla 23: Resultados de la evaluación académica al grupo de control antes del uso de AUREDU

Fuente: Elaboración Propia

Alternativa correcta	c	a	b	b	c	b	a	b			
Puntaje	3	2	3	2	3	2	3	2			
Nombre	Preg.	Preg.	Preg.	Preg.	Preg.	Preg.	Preg.	Preg.	Nro rptas. correctas	Nro rptas. incorrectas	Nota
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Alumno 1	c 1	b 0	b 1	b 1	a 0	b 1	a 1	b 1	6	2	15
Alumno 2	c 1	a 1	a 0	b 1	c 1	b 1	a 1	b 1	7	1	17
Alumno 3	c 1	b 0	b 1	a 0	c 1	c 0	c 0	b 1	4	4	11
Alumno 4	c 1	a 1	a 0	b 1	c 1	b 1	c 0	b 1	6	2	14
Alumno 5	a 0	c 0	b 1	b 1	a 0	a 0	a 1	b 1	4	4	10
Alumno 6	c 1	a 1	b 1	c 0	c 1	b 1	c 0	c 0	5	3	13
Alumno 7	c 1	a 1	b 1	c 0	c 1	c 0	a 1	b 1	6	2	16
Alumno 8	a 0	a 1	b 1	b 1	c 1	b 1	c 0	b 1	6	2	14
Alumno 9	c 1	a 1	b 1	b 1	c 1	b 1	b 0	b 1	7	1	17
Alumno 10	a 0	a 1	a 0	c 0	c 1	b 1	a 1	b 1	5	3	12
Alumno 11	c 1	a 1	b 1	a 0	c 1	b 1	a 1	b 1	7	1	18
Alumno 12	c 1	c 0	b 1	a 0	c 1	a 0	a 1	b 1	5	3	14
Alumno 13	a 0	a 1	c 0	b 1	c 1	b 1	b 0	b 1	5	3	11

Alumno 14	c	1	b	0	a	0	a	0	b	0	a	0	a	1	b	1	3	5	8
Alumno 15	c	1	a	1	c	0	b	1	c	1	a	0	a	1	b	1	6	2	15
Alumno 16	c	1	b	0	c	0	b	1	c	1	b	1	a	1	a	0	5	3	13
Alumno 17	c	1	c	0	b	1	b	1	c	1	b	1	a	1	c	0	6	2	16
Alumno 18	c	1	a	1	b	1	a	0	c	1	c	0	a	1	a	0	5	3	14
Alumno 19	c	1	a	1	c	0	b	1	a	0	b	1	c	0	b	1	5	3	11
Alumno 20	c	1	a	1	b	1	b	1	c	1	b	1	b	0	b	1	7	1	17
Alumno 21	a	0	a	1	b	1	b	1	a	0	b	1	a	1	a	0	5	3	12
Alumno 22	c	1	a	1	b	1	b	1	a	0	b	1	a	1	c	0	6	2	15
Alumno 23	b	0	b	0	b	1	b	1	c	1	b	1	a	1	a	0	5	3	13
Alumno 24	c	1	a	1	b	1	b	1	c	1	a	0	a	1	a	0	6	2	16
Alumno 25	c	1	a	1	c	0	c	0	c	1	b	1	a	1	b	1	6	2	15
Nro de preguntas respondidas correctamente	19		17		16		16		19		17		17		17				
Nro de preguntas respondidas incorrectamente	6		8		9		9		6		8		8		8				

Los resultados de la evaluación del paso 4 se muestran en la tabla 24.

Tabla 24: Resultados de la evaluación académica al grupo de control después del uso de AURED U

Fuente: Elaboración Propia

Alternativa correcta	c	a	b	b	c	b	a	b												
Puntaje	3	2	3	2	3	2	3	2												
Nombre	Preg. 1		Preg. 2		Preg. 3		Preg. 4		Preg. 5		Preg. 6		Preg. 7		Preg. 8		Nro rptas. correctas	Nro rptas. incorrectas	Nota después de AURED U	Nota antes de AURED U
Alumno 1	c	1	c	0	b	1	b	1	c	1	b	1	a	1	b	1	7	1	18	15
Alumno 2	c	1	a	1	b	1	b	1	c	1	b	1	a	1	b	1	8	0	20	17
Alumno 3	c	1	a	1	a	0	b	1	b	0	b	1	a	1	b	1	6	2	14	11
Alumno 4	c	1	a	1	b	1	b	1	c	1	b	1	c	0	b	1	7	1	17	14
Alumno 5	c	1	b	0	b	1	a	0	c	1	b	1	a	1	c	0	5	3	14	10
Alumno 6	c	1	a	1	c	0	b	1	b	0	b	1	a	1	b	1	6	2	14	13
Alumno 7	c	1	a	1	b	1	b	1	c	1	b	1	a	1	a	0	7	1	18	16
Alumno 8	c	1	a	1	b	1	c	0	c	1	a	0	a	1	b	1	6	2	16	14

Alumno 9	c	1	a	1	b	1	b	1	c	1	b	1	c	0	b	1	7	1	17	17
Alumno 10	b	0	a	1	b	1	a	0	c	1	b	1	a	1	b	1	6	2	15	12
Alumno 11	c	1	a	1	a	0	b	1	c	1	b	1	a	1	b	1	7	1	17	18
Alumno 12	c	1	a	1	b	1	a	0	c	1	c	0	a	1	b	1	6	2	16	14
Alumno 13	a	0	a	1	b	1	a	0	c	1	b	1	c	0	b	1	5	3	12	11
Alumno 14	c	1	a	1	a	0	b	1	c	1	b	1	b	0	a	0	5	3	12	8
Alumno 15	c	1	b	0	b	1	b	1	c	1	b	1	a	1	b	1	7	1	18	15
Alumno 16	c	1	a	1	b	1	b	1	c	1	a	0	a	1	c	0	6	2	16	13
Alumno 17	c	1	a	1	b	1	a	0	a	0	b	1	a	1	b	1	6	2	15	16
Alumno 18	c	1	c	0	b	1	b	1	c	1	a	0	a	1	b	1	6	2	16	14
Alumno 19	a	0	a	1	b	1	b	1	b	0	b	1	a	1	b	1	6	2	14	11
Alumno 20	c	1	a	1	b	1	b	1	c	1	b	1	a	1	b	1	8	0	20	17
Alumno 21	b	0	c	0	b	1	b	1	c	1	a	0	a	1	b	1	5	3	13	12
Alumno 22	c	1	a	1	b	1	b	1	c	1	b	1	c	0	b	1	7	1	17	15
Alumno 23	b	0	a	1	b	1	b	1	c	1	b	1	a	1	a	0	6	2	15	13
Alumno 24	c	1	a	1	b	1	a	0	c	1	b	1	a	1	b	1	7	1	18	16
Alumno 25	c	1	c	0	b	1	b	1	c	1	b	1	a	1	a	0	6	2	16	15

Nro de preguntas respondidas correctamente	20	19	21	18	21	20	20	19
Nro de preguntas respondidas incorrectamente	5	6	4	7	4	5	5	6

En la tabla 25 se compara las notas de los exámenes antes y después del uso de AUREDÚ; se observa que ha habido una variación de + 14.7%, o 15%, utilizando aproximación a cero decimales.

Tabla 25: Variación de notas antes y después de AUREDÚ
Fuente: Elaboración Propia

	Nota después de AUREDÚ	Nota antes de AUREDÚ
Promedio	15.92	13.88
Variación en el rendimiento académico	14.70%	

Así mismo, como se observa en la tabla 26, el porcentaje de preguntas bien contestadas antes y después de AUREDÚ varía de 64% a 79%, aumentando en 15%.

Tabla 26: Porcentaje de preguntas respondidas correctamente antes y después de AUREDU

Fuente: Elaboración Propia

		Preg. 1	Preg. 2	Preg. 3	Preg. 4	Preg. 5	Preg. 6	Preg. 7	Preg. 8	Promedio
Antes de AUREDU	Nro de preguntas respondidas correctamente	17	18	13	17	14	16	16	17	
	Nro de preguntas respondidas incorrectamente	8	7	12	8	11	9	9	8	
	% de preguntas respondidas correctamente	68%	72%	52%	68%	56%	64%	64%	68%	64%
Después de AUREDU	Nro de preguntas respondidas correctamente	20	19	21	18	21	20	20	19	
	Nro de preguntas respondidas incorrectamente	5	6	4	7	4	5	5	6	
	% de preguntas respondidas correctamente	80%	76%	84%	72%	84%	80%	80%	76%	79%

❖ Validación de la hipótesis específica 2

Para evaluar la aceptación de AUREDÚ se solicitó a los alumnos que completen un cuestionario para evaluar la aceptación de AUREDÚ. En el Anexo 4 se adjunta el cuestionario. Cada pregunta consta de 4 alternativas, las cuales cuentan con un puntaje, como se observa en la tabla 27.

Tabla 27: Alternativas con su respectivo puntaje
Fuente: Elaboración Propia

Alternativa	Puntaje
a	4
b	3
c	2
d	1

Las respuestas marcadas por los alumnos se muestra en la tabla 28.

Tabla 28: Resultados de la validación cualitativa al grupo de control después del uso de AUREDU

Fuente: Elaboración Propia

Nombre	Preg. 1 ¿Te gustó la nueva forma de enseñanza?		Preg. 2 ¿Te gustaría que tus clases sean siempre así?		Preg. 3 ¿Te ayudó a aprender nuevas cosas la nueva forma de enseñanza?		Preg. 4 ¿Te gustó la manipulación de los modelos 3D?		Preg. 5 ¿Te pareció real los modelos 3D utilizados?		Nota
	a	4	a	4	a	4	a	4	a	4	
Alumno 1	a	4	a	4	a	4	a	4	a	4	4
Alumno 2	a	4	a	4	a	4	a	4	a	4	4
Alumno 3	a	4	b	3	a	4	b	3	b	3	3.4
Alumno 4	b	3	a	4	a	4	a	4	a	4	3.8
Alumno 5	a	4	b	3	b	3	a	4	a	4	3.6
Alumno 6	a	4	a	4	a	4	a	4	a	4	4
Alumno 7	a	4	a	4	b	3	a	4	a	4	3.8
Alumno 8	a	4	a	4	a	4	a	4	a	4	4
Alumno 9	a	4	b	3	a	4	a	4	a	4	3.8
Alumno 10	a	4	a	4	a	4	a	4	a	4	4

Alumno 11	b	3	b	3	b	3	a	4	b	3	3.2
Alumno 12	a	4	a	4	a	4	a	4	b	3	3.8
Alumno 13	b	3	b	3	a	4	a	4	b	3	3.4
Alumno 14	b	3	c	2	a	4	b	3	b	3	3
Alumno 15	a	4	a	4	a	4	a	4	a	4	4
Alumno 16	a	4	a	4	a	4	a	4	b	3	3.8
Alumno 17	a	4	a	4	a	4	a	4	a	4	4
Alumno 18	b	3	b	3	b	3	b	3	b	3	3
Alumno 19	b	3	a	4	b	3	b	3	b	3	3.2
Alumno 20	a	4	b	3	b	3	b	3	a	4	3.4
Alumno 21	b	3	a	4	b	3	c	2	a	4	3.2
Alumno 22	a	4	b	3	b	3	a	4	b	3	3.4
Alumno 23	b	3	b	3	b	3	b	3	b	3	3
Alumno 24	b	3	b	3	b	3	b	3	a	4	3.2
Alumno 25	a	4	a	4	a	4	a	4	a	4	4

Finalmente, como lo muestra la tabla 29, en promedio la aceptación de AURED U fue de 3.6 sobre 4.

Tabla 29: Resultados de las preguntas de la validación cualitativa de AURED U

Fuente: Elaboración Propia

	Preg. 1 ¿Te gustó la nueva forma de enseñanza?	Preg. 2 ¿Te gustaría que tus clases sean siempre así?	Preg. 3 ¿Te ayudó a aprender nuevas cosas la nueva forma de enseñanza?	Preg. 4 ¿Te gustó la manipulación de los modelos 3D?	Preg. 5 ¿Te pareció real los modelos 3D utilizados?	Promedio
Nota	3.64	3.52	3.60	3.64	3.60	3.60
Aceptación	91%	88%	90%	91%	90%	90%

5.3 Contrastación de las hipótesis específicas

❖ Contrastación de la hipótesis específica 1

Utilizando los datos descritos anteriormente, se realiza dos pasos para la contrastación de la hipótesis específica 1.

1. Averiguar si las notas de las muestras antes y después de AUREDU pertenecen a una población normal.
2. Tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis específica *“El uso de un aplicativo móvil de realidad aumentada contribuye a la mejora del rendimiento académico de los alumnos.”*

Para el primer paso se ingresa los datos en una hoja de trabajo de Minitab, como se observa en la figura 99, y luego se realiza la gráfica de probabilidad para saber si las muestras pertenecen a una distribución normal.

	C1	C2	C3
	Notas antes de AUREDU	Notas después de AUREDU	
1	17	20	
2	17	20	
3	17	18	
4	16	18	
5	16	18	
6	15	18	
7	15	17	
8	15	17	
9	15	17	
10	14	17	
11	14	16	
12	14	16	
13	14	16	
14	18	16	
15	16	16	
16	13	15	
17	13	15	
18	13	15	
19	12	14	
20	12	14	

Figura 99: Hoja de trabajo de Minitab
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab

Con 95% de nivel de confianza, se realiza la gráfica de probabilidad con Minitab, como se observa en la figura 100. El valor obtenido de p es de 0.535; por ser este valor mayor a α ($0.535 > 0.05$), se deduce que la muestra de “Notas antes de AUREDU” sigue una distribución Normal.

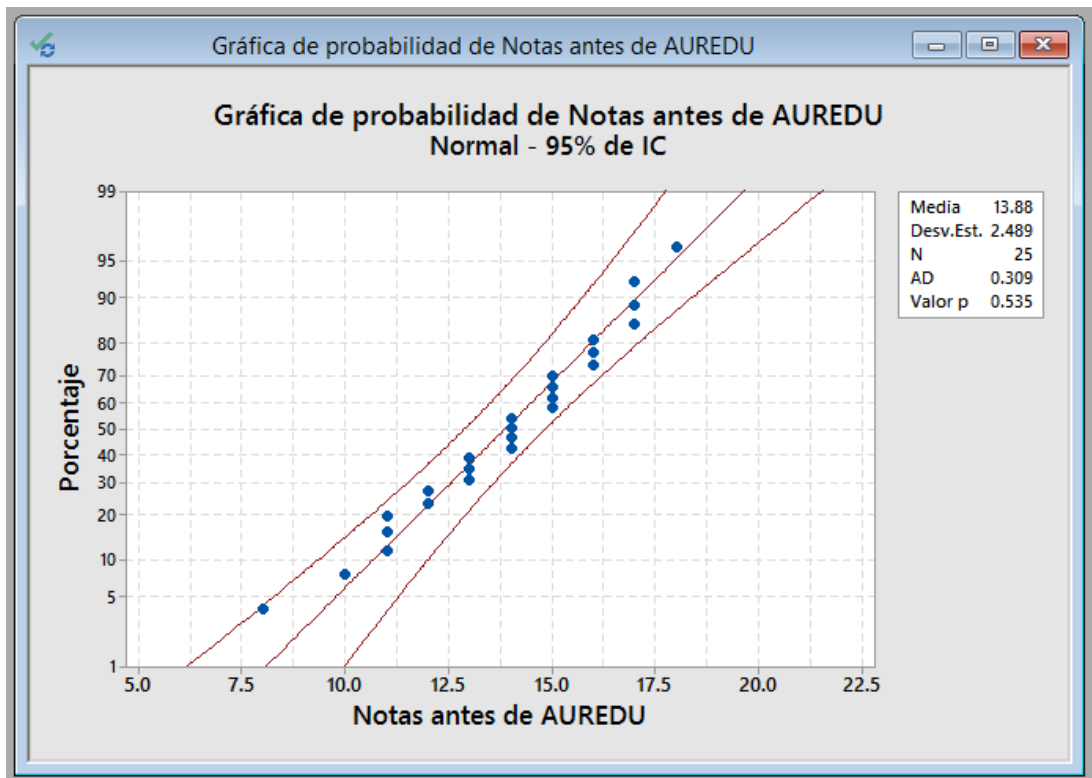


Figura 100: Probabilidad de que las notas antes de AUREDU tengan una distribución normal con el 95% de nivel de confianza
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab

Con los datos que se tienen, se grafica el histograma de las “Notas antes de AUREDU”, el cual se aprecia en la figura 101.

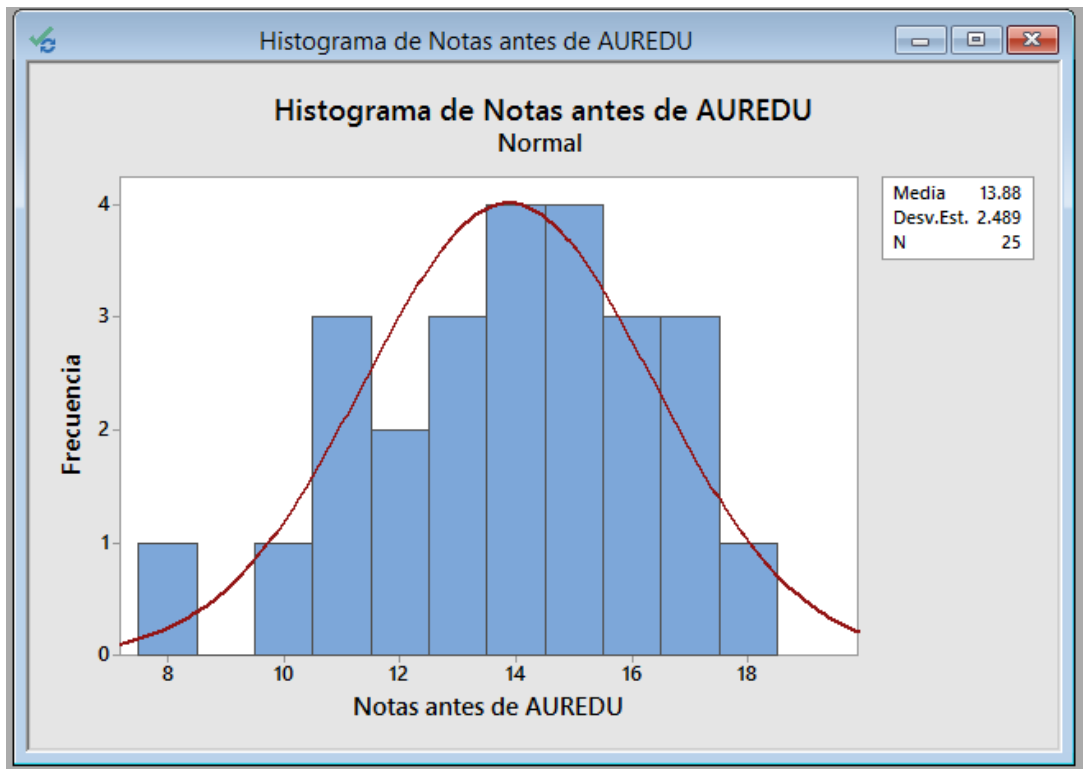


Figura 101: Histograma de las notas antes de AUREDU
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab

Al realizar el mismo procedimiento con las “Notas después de AUREDU”, con el 95% de nivel de confianza, se realiza la gráfica de probabilidad en Minitab, figura 102. El valor obtenido de p es de 0.494; por ser este valor mayor a α ($0.494 > 0.05$), se deduce que la muestra de “Notas después de AUREDU” sigue una distribución Normal.

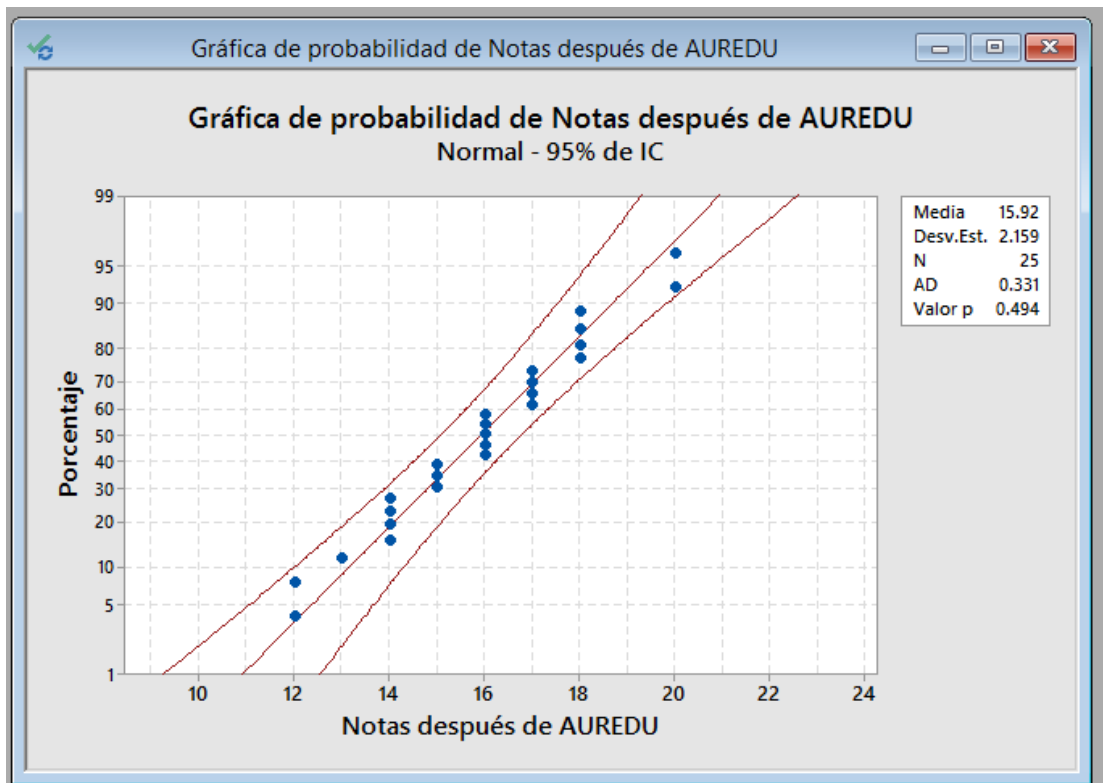


Figura 102: Probabilidad de que las notas después de AUREDU tengan una distribución normal con el 95% de nivel de confianza
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab

Con los datos que se tienen, se grafica el histograma de las “Notas después de AUREDU”, el cual se aprecia en la figura 103.

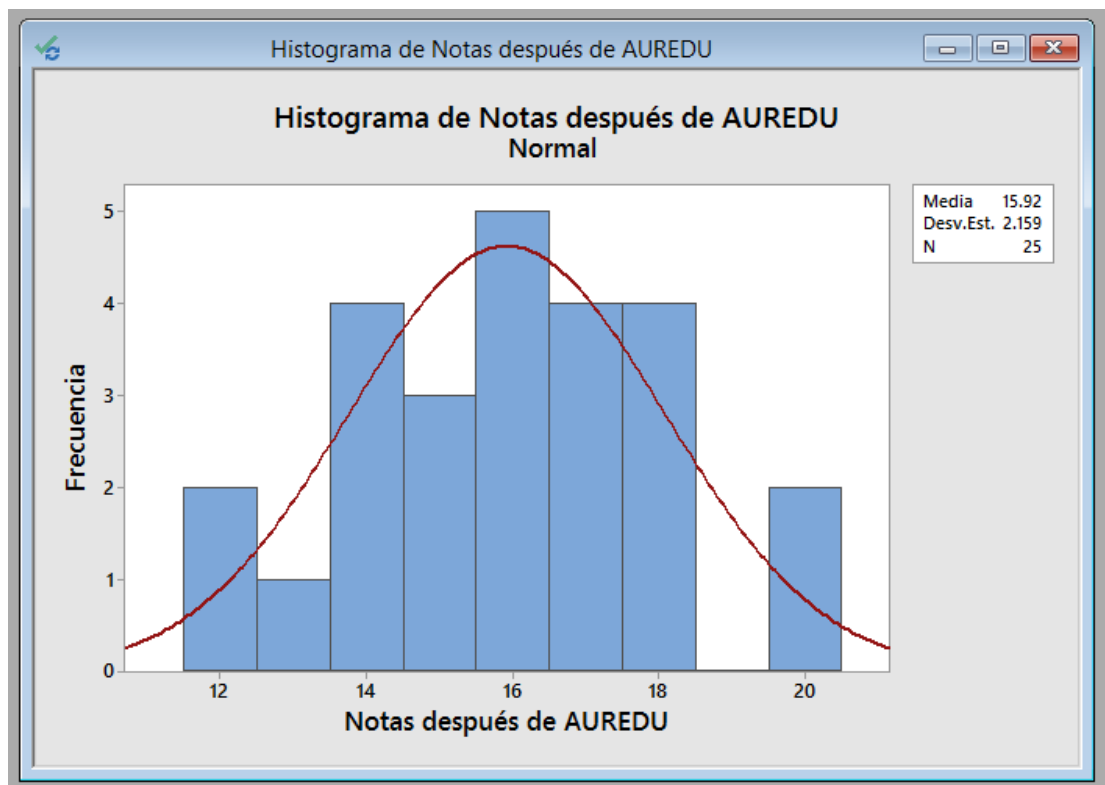


Figura 103: Histograma de las notas después de AUREDU
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab

Dado que las “Notas antes de AUREDU” y “Notas después de AUREDU” siguen una distribución normal, se realiza una prueba de two sample test para tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis específica “El uso de un aplicativo móvil de realidad aumentada contribuye a la mejora del rendimiento académico de los alumnos.”.

- Nivel de confianza: 95%
- H_0 : La variación de las medias de las “Notas después de AUREDU” y “Notas antes de AUREDU” es nula.
- H_1 : La diferencia de las medias de las “Notas después de AUREDU” y “Notas antes de AUREDU” es mayor a cero.

En la figura 104 se muestra los datos ingresados a Minitab para la prueba de dos muestras (two sample test).

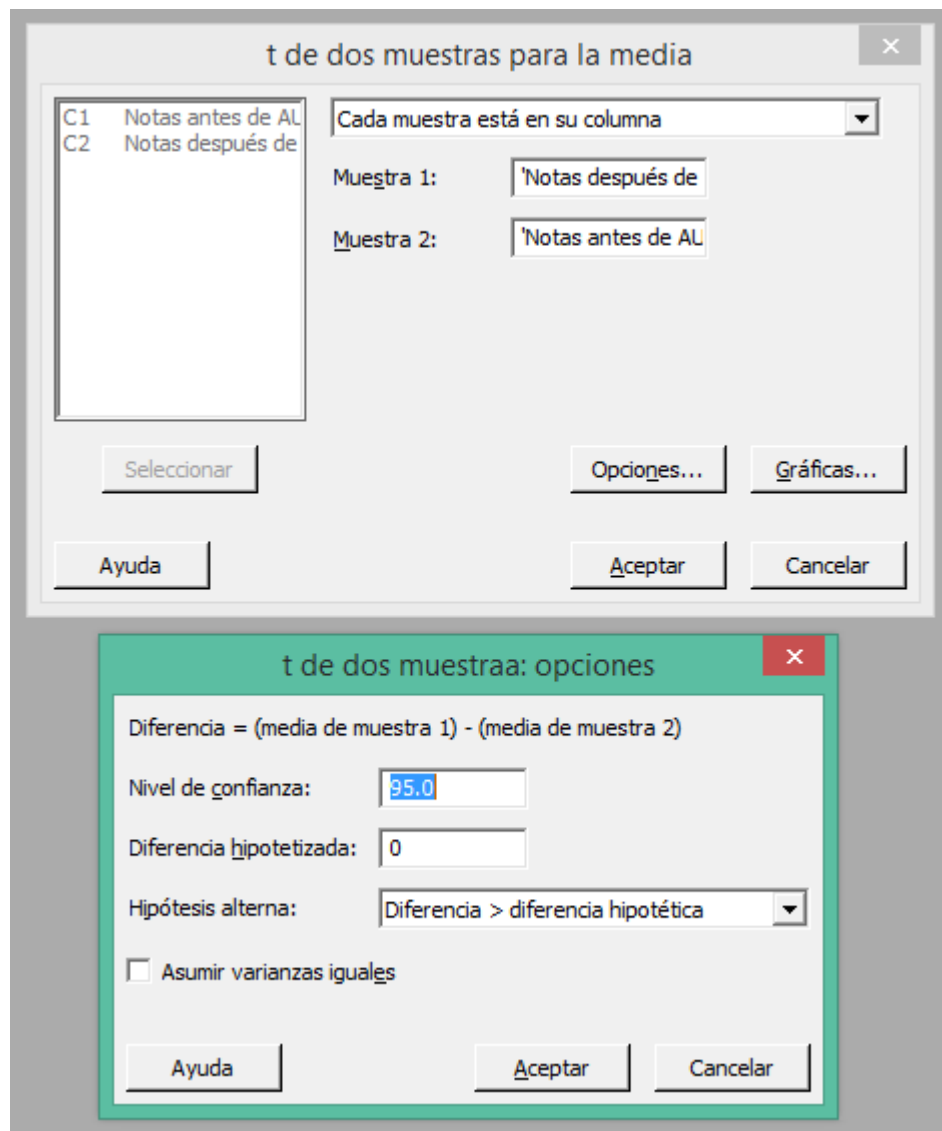


Figura 104: Prueba de dos muestras
Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab

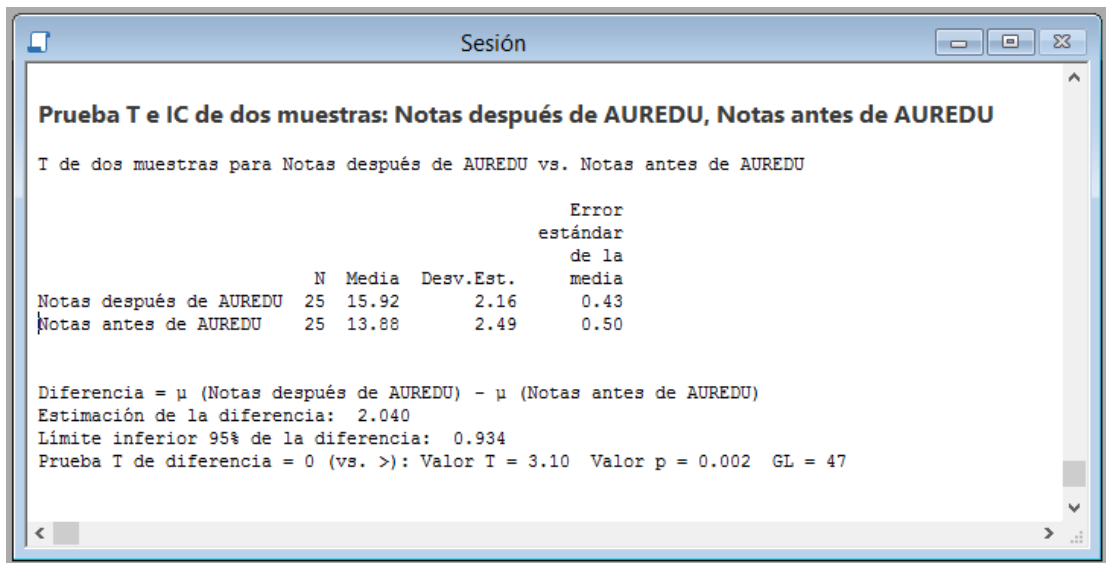


Figura 105: Resultados de la prueba de dos muestras
 Fuente: Elaboración propia utilizando Minitab

El valor p, obtenido en el resultado de two sample test, como se observa en la figura 105, es 0.002, dado que este valor es menor al α ($0.002 < 0.05$) se rechaza la hipótesis nula. Es decir, se acepta la hipótesis alternativa, la cual menciona que sí hay una diferencia entre las medias de las “Notas después de AUREDU” y “Notas antes de AUREDU” (Ver tabla 25 para el detalle de la variación de notas antes y después de AUREDU).

De esta manera se toma decisión de aceptar la hipótesis específica 1: *“Un aplicativo móvil de realidad aumentada contribuye a la mejora del rendimiento académico de los alumnos.”*

❖ **Contrastación de la hipótesis específica 2**

Utilizando los datos descritos anteriormente, se realizan dos pasos para la contrastación de la hipótesis específica 2.

1. Ubicar el resultado de la validación 2, de la aceptación de AUREDU, en un rango de aceptación (no es aceptado, indiferente, sí es aceptado).
2. Tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis específica: *“El uso de un aplicativo móvil de realidad aumentada es aceptado por los alumnos.”*

Para el primer paso se considera un rango, como se muestra en la figura 106, donde cada rango tiene la misma posibilidad.

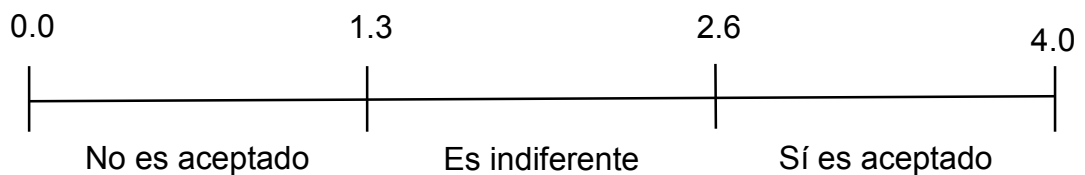


Figura 106: Rango de la posibilidad de aceptación de AUREDU

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con los resultados en la validación 2 (Ver tabla 28), el resultado obtenido con la aceptación de AUREDU de parte del grupo de control fue de 3.6. Ubicándose en el rango de “Sí es aceptado”. De esta manera se toma decisión de aceptar la hipótesis específica 2: *“Un aplicativo móvil de realidad aumentada es aceptado por los alumnos.”*

❖ Validación de la hipótesis general

Dado que la hipótesis específica 1 e hipótesis específica 2 se aprueban, se toma la decisión de aceptar la hipótesis general *“Un aplicativo móvil de realidad aumentada contribuye a la mejora del proceso de enseñanza – aprendizaje”*.

CONCLUSIONES

1. Se logró crear un aplicativo móvil de realidad aumentada, llamado AUREDU (Augmented Reality in Education) para el apoyo a la mejora del proceso enseñanza – aprendizaje, el cuál funciona de manera continua y brinda respuestas en tiempo real.
2. Para el desarrollo de un aplicativo de realidad aumentada se necesitan de cuatro herramientas: Computer Graphics, Game Engine, IDE y Augmented Reality SDK. Además, de definir el sistema operativo en el cuál será desplegado.
3. AUREDU fue desarrollado de una manera robusta; de esta manera, al volver implementar el procedimiento utilizado en su desarrollo, AUREDU puede albergar más modelos de distintos temas, de diversos cursos.
4. Al validar AUREDU en un grupo de control, conformado por 25 alumnos de segundo grado de educación primaria, se lograron obtener resultados positivos, aumentando el rendimiento académico en 15% y obteniendo una aprobación del 3.6 sobre 4.

RECOMENDACIONES

1. AUREDUE es desplegado en el sistema operativo Android, en trabajos futuros se busca que sea desplegado en otros sistemas operativos como iOS, Windows, etc.
2. El almacenamiento de AUREDUE es de manera local en un dispositivo, para lograr un uso menor de la memoria del dispositivo y para que AUREDUE pueda albergar una mayor diversidad de modelos, se plantea la utilización de un almacenamiento en la nube.
3. Para comprobar el impacto que AUREDUE puede llegar a tener en la sociedad, se recomienda realizar más pruebas de validación con una mayor diversidad de temas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aini Abd Majid, N., Mohammed, H., & Sulaiman, R. (2015). *Students' perception of mobile augmented reality applications in learning computer organization*. Science Direct. Recuperado el Octubre de 2015
- Alphabet Inc. (13 de Setiembre de 2006). *Google Trends*. Recuperado el 01 de Octubre de 2015, de <https://www.google.com/trends/>
- Alphabet Inc. (2015a). *Google Trends Compare*. Recuperado el 03 de Octubre de 2015, de <https://www.google.com.pe/trends/explore?date=2011-10-03%202015-10-03&q=%2Fm%2F02q4625,%2Fm%2F02l0q47,%2Fm%2F0l1qq,%2Fm%2F01tgyn,%2Fm%2F0svhm>
- Alphabet Inc. (2015b). *Google Trends Compare*. Recuperado el 03 de Octubre de 2015, de <https://www.google.com.pe/trends/explore?date=2011-10-03%202015-10-03&geo=PE&q=%2Fm%2F02q4625,%2Fm%2F02l0q47,%2Fm%2F0l1qq,%2Fm%2F01tgyn,%2Fm%2F0svhm>
- Alphabet Inc. (2015c). *Google Trends compare*. Recuperado el 03 de Octubre de 2015, de <https://www.google.com.pe/trends/explore?date=2010-10-03%202015-10-03&q=%2Fm%2F02q4625,%2Fm%2F023q2z,%2Fm%2F067016,ZBrush,Mudbox>
- Alphabet Inc. (2015d). *Google Trends compare*. Recuperado el 03 de Octubre de 2015, de <https://www.google.com.pe/trends/explore?date=2010-10-03%202015-10-03&geo=PE&q=%2Fm%2F02q4625,%2Fm%2F023q2z,%2Fm%2F067016,ZBrush,Mudbox>

- Alphabet Inc. (2015e). *Google Trends compare*. Obtenido de <https://www.google.com.pe/trends/explore?date=2010-09-05%202015-09-05&q=%2Fm%2F0l1qq,%2Fm%2F04lh6j,Leadwerks,%2Fm%2F0dmyvh,Unreal%20Engine>
- Alphabet Inc. (2015f). *Google Trends compare*. Obtenido de <https://www.google.com.pe/trends/explore?date=2010-09-05%202015-09-05&geo=PE&q=%2Fm%2F0l1qq,%2Fm%2F04lh6j,Leadwerks,%2Fm%2F0dmyvh,Unreal%20Engine>
- Alphabet Inc. (2016a). *Google Trends compare*. Recuperado el 30 de Enero de 2016, de <https://www.google.com/trends/explore?date=2011-01-30%202016-01-30&q=Monodevelop,SharpDevelop,Visual%20Studio>
- Alphabet Inc. (2016b). *Google Trends compare*. Recuperado el 12 de Setiembre de 2015, de <https://www.google.com/trends/explore?date=2011-01-30%202016-01-30&geo=PE&q=Monodevelop,SharpDevelop,Visual%20Studio>
- Alphabet Inc. (2016c). *Google Trends compare*. Recuperado el 01 de Mayo de 2016, de <https://www.google.com/trends/explore?date=2011-04-30%202016-04-30&q=IN2AR,Metaio,NyARTollkit,Vuforia,Wikitude>
- Alphabet Inc. (2016d). *Google Trends compare*. Recuperado el 01 de Mayo de 2016, de <https://www.google.com/trends/explore?date=2011-04-30%202016-04-30&geo=PE&q=IN2AR,Metaio,NyARTollkit,Vuforia,Wikitude>
- Anatomia pro. (2015). Obtenido de <http://anatomipro.com/?reqp=1&reqr=nzcdYaEvLaE5pv5jLabhL3V=>
- Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1990). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Autodesk. (26 de Marzo de 2011). *Contrato de licencia y servicios*. Recuperado el 01 de Octubre de 2015, de http://download.autodesk.com/global/dlm_eula/Spanish.html

Autodesk. (28 de Marzo de 2012a). *Find Recommended Hardware Use this tool to find recommended system hardware or graphics hardware and drivers*. Recuperado el 23 de Octubre de 2015, de <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/syscert?id=18844534&siteID=123112>

Autodesk. (28 de Marzo de 2012b). *Find Recommended Hardware Use this tool to find recommended system hardware or graphics hardware and drivers*. Recuperado el 23 de Octubre de 2015, de http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/syscert?siteID=123112&id=18844534&results=1&stype=graphic&product_group=6&release=2015&os=8192&manuf=all&opt=0

Autodesk. (28 de Marzo de 2012c). *Find Recommended Hardware Use this tool to find recommended system hardware or graphics hardware and drivers*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2015, de http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/syscert?siteID=123112&id=18844534&results=1&stype=graphic&product_group=6&release=2015&os=131072&manuf=all&opt=0

Autodesk. (28 de Marzo de 2012d). *Use this tool to find recommended system hardware or graphics hardware and drivers*. Recuperado el 14 de Octubre de 2015, de http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/syscert?siteID=123112&id=18844534&results=1&stype=graphic&product_group=19&release=2015&os=8192&manuf=all&opt=0

Autodesk. (28 de Marzo de 2012e). *Use this tool to find recommended system hardware or graphics hardware and drivers*. Recuperado el 14 de Octubre de 2015, de http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/syscert?siteID=123112&id=18844534&results=1&stype=graphic&product_group=19&release=2015&os=131072&manuf=all&opt=0

Autodesk. (04 de Noviembre de 2013a). *Free-software Maya*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2015, de <http://www.autodesk.com/education/free-software/maya>

- Autodesk. (13 de Enero de 2013b). *Tinkercad is a simple, online 3D design and 3D printing app for everyone*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de <https://www.tinkercad.com/>
- Autodesk. (17 de Noviembre de 2014a). *System requirements for Autodesk 3ds Max and Autodesk 3ds Max Design 2015*. Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/System-requirements-for-Autodesk-3ds-Max-2015.html>
- Autodesk. (02 de Noviembre de 2014b). *Requisitos del sistema para Autodesk Maya 2015*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de https://knowledge.autodesk.com/support/maya/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/System-requirements-for-Autodesk-Maya-2015.html?_ga=1.30524543.1501054866.1473663483#mtc-spanish
- Autodesk. (16 de Julio de 2014c). *3ds Max Compare las versiones*. Recuperado el 22 de Octubre de 2016, de <http://latinoamerica.autodesk.com/products/3ds-max/compare>
- Autodesk. (13 de Enero de 2015a). *123D Catch is a free app that lets you create 3D scans of virtually any object*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de <http://www.123dapp.com/catch>
- Autodesk. (27 de Abril de 2015b). *Autodesk Maya 2016 Release Notes*. Recuperado el 12 de Octubre de 2015, de http://download.autodesk.com/us/support/files/maya_2016/Maya%202016%20Release%20Notes_enu.htm
- Autodesk. (20 de Abril de 2016a). *Create amazing worlds in 3ds Max*. Recuperado el 30 de Abril de 2016, de <http://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview>
- Autodesk. (25 de Marzo de 2016b). *Make it with Maya*. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de <http://www.autodesk.com/products/maya/overview>
- Autodesk. (21 de Abril de 2016c). Recuperado el 04 de Junio de 2016, de <http://latinoamerica.autodesk.com/products/3ds-max/features/all>

- Autodesk. (21 de Febrero de 2016d). *Introduction to 123D Design*. (C. Y. Fuertes Panizo, Trad.) Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de <http://cdn.123dapp.com/wp/wp-content/uploads/2016/03/123d-design-manual.pdf>
- Azuma, R. T. (Agosto de 1997). *A Survey of Augmented Reality*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2015
- Belloch Ortí , C., Unidad de Tecnología Educativa, & Universidad de Valencia. (1 de Febrero de 2002). *Las tecnologías de la información y comunicación (T.I.C.) en el aprendizaje*. Obtenido de <http://www.uv.es/bellochc/pdf/pwtic2.pdf>
- Beltrán, V., Calveras, A., Casademont, J., Casals, L., Catalán, M., Catalán, M., . . . Vidal, R. (2010). *Redes de comunicaciones: de la telefonía móvil a Internet*. Barcelona. Recuperado el 10 de Enero de 2017
- BGR. (12 de Febrero de 2016). *The history and evolution of iOS, from the original iPhone to iOS 9*. Obtenido de <http://bgr.com/2016/02/12/ios-history-iphone-features-evolution/>
- Blender. (23 de Julio de 2014). *Requirements*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2015, de <https://www.blender.org/download/requirements/>
- Blender. (18 de Setiembre de 2016a). *Features*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2016, de <https://www.blender.org/features/past-releases/2-76/>
- Blender. (30 de Agosto de 2016b). *Requirements*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de <https://www.blender.org/>
- Bustos, A., Coll, C., Córdoba, F., Del Rey, R., Engel, A., Escaño, J., . . . Rochera, M. J. (2010). *Desarrollo, aprendizaje y enseñanza en la educación secundaria*. Barcelona, España: Graó. Recuperado el 15 de Octubre de 2016
- Campbell, N. (10 de Febrero de 2015). *INTRO TO THE NURBS TOOLS IN CINEMA 4D*. Recuperado el 31 de Octubre de 2015, de <https://greyscalegorilla.com/tutorials/intro-to-the-nurbs-tools-in-cinema-4d/>

- Cano Flórez, J., & Franco Buriticá, M. (2013). *Realidad Aumentada Aplicada a Objetos de Aprendizaje para Asignaturas de Ingeniería Informática*. Medellín: Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Recuperado el Octubre de 2015
- Chopra, R. (2014). *Computer Graphics with an introduction to multimedia*. New Delhi, India. Recuperado el 05 de Octubre de 2016
- Chumpitaz Campos, L., García Torres, M., Sakiyama Freire, D., & Sánchez Vásquez, D. (2005). *Infórmatica aplicada a los procesos de enseñanza - aprendizaje*. Lima. Recuperado el 30 de Enero de 2017
- Chumpitaz, C. L., García, T. M., Sakiyama, F. D., & Sánchez, V. D. (2005). *Infórmatica aplicada a los procesos de enseñanza - aprendizaje*. Lima. Recuperado el 30 de Enero de 2017
- CNN. (Junio de 2015). *BAFTA winning animator transforms cling film into water*. Recuperado el 02 de Agosto de 2015, de http://edition.cnn.com/videos/intl_tv-shows/2015/06/12/bafta-winning-animator-transforms-cling-film-into-water-ones-to-watch-spc-c.cnn
- Comercio, E. (213). <http://elcomercio.pe/lima/sucesos/evaluacion-pisa-ranking-completo-que-peru-quedo-ultimo-noticia-1667838>.
- Corona Arzola, C. D. (Setiembre de 2013). *Realidad aumentada utilizando un iPad. Tesis para para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Computación*. Ciudad de México, México. Obtenido de <https://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2013/TesisCesarCorona.pdf>
- Dager, N. (17 de Febrero de 2015). *Autodesk Supported All 5 Best VFX, 7 Best Picture Oscar Nominees*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015, de <http://www.digitalcinemareport.com/article/autodesk-supported-all-5-best-vfx-7-best-picture-oscar-nominees#.WFs-7VPhDcd>
- Digital Learning Angus. (19 de Marzo de 2017). *Augmented Reality at Inverkeilor Primary School*. Recuperado el 15 de Junio de 2017, de <https://www.youtube.com/watch?v=8L27nJnjR6Q>
- Dixit, P. K. (2014). *Android*. Recuperado el 24 de Febrero de 2017

- EcuRed. (28 de Junio de 2016). *Proceso de enseñanza - aprendizaje*.
Obtenido de http://www.ecured.cu/Proceso_de_ense%C3%B1anza-aprendizaje
- El Comercio. (2014). *Evaluación PISA: el ránking completo en el que el Perú quedó último*. Recuperado el Octubre de 2015, de <http://elcomercio.pe/lima/sucesos/evaluacion-pisa-ranking-completo-que-peru-quedo-ultimo-noticia-1667838>
- El Comercio. (29 de Setiembre de 2015). *Perú cayó cuatro puestos en ránking de competitividad mundial*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de <http://elcomercio.pe/economia/peru/peru-retrocede-cuatro-puestos-ranking-competitividad-mundialwef-noticia-1844686>
- El Comercio. (06 de Diciembre de 2016). *Perú sale del último lugar en la prueba PISA 2015*. Recuperado el 04 de Febrero de 2017, de <http://elcomercio.pe/sociedad/peru/exclusivo-peru-sale-ultimo-lugar-prueba-pisa-2015-noticia-1951513>
- El Universal. (28 de Julio de 2016). *4 de cada 5 smartphones en el mundo son Android*. Recuperado el 08 de Setiembre de 2016, de <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/techbit/2016/07/28/4-de-cada-5-smartphones-en-el-mundo-son-android>
- Estebaranz García, A. (1994). *Didáctica e innovación curricular*. Sevilla.
Recuperado el 16 de Octubre de 2016
- Fronczak, T. (11 de Mayo de 2011). *10 Types of 3D Graphics Software Worth Knowing*. Recuperado el 1 de Octubre de 2015, de <http://www.animationcareerreview.com:8080/articles/10-types-3d-graphics-software-worth-knowing>
- Fujitsu Software. (7 de Diciembre de 2014). *Using Augmented Reality in education Ashiro Elementary School in Higashi-Miyoshi*. Recuperado el 15 de Junio de 2017, de <https://www.youtube.com/watch?v=GfsaciL1qRM>
- Fundación Telefónica. (10 de Febrero de 2011). *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2015, de

https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr&id=OXHmCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA10&dq=realidad%20aumentada%20definici%C3%B3n&ots=3qs5TY8oob&sig=4lj4lG5V1dKx9DRhgXb_dxJxMSl#v=snippet&q=realidad%20aumentada%20definici%C3%B3n&f=true

Galuzin, A. (27 de Abril de 2015). *23 Recommended and Available 3D Game Engines (Updated)*. Recuperado el 28 de Mayo de 2015, de http://www.worldofleveldesign.com/categories/level_design_tutorials/recommended-game-engines.php

Gartner. (27 de Mayo de 2015a). *Gartner Says Emerging Markets Drove Worldwide Smartphone Sales to 19 Percent Growth in First Quarter of 2015*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de <http://www.gartner.com/newsroom/id/3061917>

Gartner. (2015b). *Gartner Says Worldwide Smartphone Sales Recorded Slowest Growth Rate Since 2013*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de <http://www.gartner.com/newsroom/id/3115517>

Gartner. (2015c). *Gartner Says Emerging Markets Drove Worldwide Smartphone Sales to 15.5 Percent Growth in Third Quarter of 2015*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de <http://www.gartner.com/newsroom/id/3169417>

Gartner. (2016). *Gartner Says Worldwide Smartphone Sales Grew 9.7 Percent in Fourth Quarter of 2015*. Recuperado el 20 de Febrero de 2016, de <http://www.gartner.com/newsroom/id/3215217>

Global Market Insights. (Diciembre de 2016). *Augmented Reality Market Size By Component (Hardware, Software), By Display Device (Smart Glass, Head-Mounted Display, Head-Up Display), By Application (Medical, Automotive, Aerospace & Defense, Gaming, Retail, Industrial), Industry Analysis Report*. Recuperado el 01 de Febrero de 2017, de <https://www.gminsights.com/industry-analysis/augmented-reality-ar-market>

Gregory, J. (1970). *Game Engine Architecture*. Recuperado el 09 de Febrero de 2017

- Gutiérrez, J. (06 de Junio de 2006). *¿Qué es un framework web?*. Obtenido de http://www.lsi.us.es/~javierj/investigacion_ficheros/Framework.pdf
- Harr, J. (2016). *The big list of game making software*. Recuperado el 2016, de <http://retronuke.com/list-game-development-creation-software/>
- Harrison, M. (2003). Introduction to 3D Game Engine design using DirectX 9 and C#. Recuperado el 10 de Febrero de 2017
- Huitt, W. (2003). *A transactional framework of the teaching/learning process*. Obtenido de <http://www.edpsycinteractive.org/materials/tchlrmnd.html>
- Ibáñez Herrero, M. (24 de Diciembre de 2005). *Realidad Aumentada: ARToolkit para animación de personajes*. Obtenido de http://www.disca.upv.es/magustim/val/pfcs_anteriors/arToolkit/Memoria%20ARToolkit.pdf
- Internet Media Services (IMS) corporate. (06 de Enero de 2015). *IMS Mobile in Latam*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de <http://www.ims corporate.com/news/Estudios-comScore/IMS-Mobile-Study-Enero2015.pdf>
- ISRD (Instructional Software Research and Development) Group. (2006). *Computer Graphics*. New Delhi, India. Recuperado el 10 de Octubre de 2016
- Jamali, S., Shiratuddin, M., Wong, K., & Oskam, C. (2015). *Utilising Mobile-Augmented Reality for Learning Human Anatomy*. Science Direct. Recuperado el 15 de Octubre de 2015
- Jesús Á. Alonso López, R. C. (2013). *Estado del Arte sobre el Almacenamiento y Gestión de los Datos en la Nub*. Valladolid, España. Recuperado el 02 de Diciembre de 2015
- Kelly, J. F. (2014). *3D Modeling and Printing with Tinkercad. Create and Print Your Own 3D Models*. United States of America. Recuperado el 28 de Setiembre de 2016
- Kesim, M., & Ozarlan, Y. (2007). *Augmented reality in education: current technologies and the potencial for education*. Recuperado el 04 de Diciembre de 2015

- Maxon. (25 de Julio de 2016a). *¿Por qué Cinema 4D?* Recuperado el 04 de Setiembre de 2016, de <https://www.maxon.net/es/productos/cinema-4d/cinema-4d/>
- Maxon. (29 de Septiembre de 2016b). *Requisitos del sistema*. Recuperado el 24 de Febrero de 2017, de <https://www.maxon.net/es/productos/infosites/system-requirements/>
- Maynard, M. (Abril de 2015). *The Netherlands' Job, Joris and Marieke on Oscar-Nominated Short 'A Single Life'*. Recuperado el 03 de Agosto de 2015, de <http://www.studiodaily.com/2015/04/time-traveler/>
- McConnell, J. J. (2006). *Computer Graphics theory into practice*. United States of America: Jones & Bartlett Publ Inc. Recuperado el 28 de Setiembre de 2016
- Metaio. (21 de Octubre de 2015). *Product Support*. Recuperado el 21 de Abril de 2016, de http://www.metaio.eu/product_support.html
- Microsoft. (2016a). *Visual Studio*. Recuperado el 15 de Abril de 2016, de <https://www.visualstudio.com/es/vs/>
- Microsoft. (2016b). *Requisitos del sistema de Visual Studio 2015*. Recuperado el 01 de Abril de 2016, de <https://www.visualstudio.com/es-es/productinfo/vs2015-sysrequirements-vs>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). *A taxonomy of mixed reality visual displays*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2015, de http://cs.gmu.edu/~zduric/cs499/Readings/r76JBo-Milgram_IEICE_1994.pdf
- Monodevelop. (13 de Noviembre de 2014). *Cross platform IDE for C#, F# and more*. Recuperado el 18 de Abril de 2016, de <http://www.monodevelop.com/>
- Motioncow. (Julio de 2010). Recuperado el 2015
- New Media Consortium. (2016). *Horizon Report*. Recuperado el 29 de Mayo de 2017
- New Media Consortium. (2017). *Horizon Report*. Recuperado el 14 de Junio de 2017

- Niño Camazón, J. (2011). Sistemas Operativos monopuesto. Recuperado el 22 de Enero de 2017
- Oblinger, D. (2003). *Boomers, Gen-Xers, and Millennials: Understanding the "New Students"*. Recuperado el 28 de Mayo de 2017
- Octagon studio. (Diciembre de 2016). *Augmented reality technology*. Recuperado el 17 de Febrero de 2017, de <http://www.blog.octagonstudio.com/augmented-reality-technology/>
- OECD. (05 de Diciembre de 2007). *PISA en español*. Recuperado el 18 de Febrero de 2017, de <https://www.oecd.org/pisa/pisaenespaol.htm>
- Open handset alliance. (5 de Noviembre de 2007). *Android*. Obtenido de http://www.openhandsetalliance.com/android_overview.html
- Oracle. (2010). *NETBEANS Integrated Development Environment (IDE)*. Recuperado el 29 de Febrero de 2016, de <http://www.oracle.com/us/products/tools/050863.pdf>
- Oracle. (2014). *Oracle Java Micro Edition Software Development Kit 8 (Oracle Java ME SDK 8)*. Recuperado el 20 de Abril de 2016, de <http://www.oracle.com/us/technologies/java/javame-sdk-datasheet-167819.pdf>
- Oscar. (9 de Marzo de 2015a). *"Interstellar" winning the Oscar® for Visual Effects*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=w7JZCsSD92E&feature=youtu.be>
- Oscar. (09 de Marzo de 2015b). *"Big Hero 6" winning Best Animated Feature Film*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015, de https://www.youtube.com/watch?v=4lZaqk4ar-8&index=19&list=PLJ8RjvesnvDNIbdd5CwMyS3_H1_SESofH
- Oscar. (09 de Marzo de 2015c). *"Feast" winning Best Animated Short Film*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015, de https://www.youtube.com/watch?v=i3cOf2e5LL8&index=18&list=PLJ8RjvesnvDNIbdd5CwMyS3_H1_SESofH
- Oscar. (06 de Marzo de 2015d). *Birdman: Or (The Unexpected Virtue of Ignorance) Wins Best Picture*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015, de

https://www.youtube.com/watch?v=yStklotsqE4&index=23&list=PLJ8RjvesnvDNlbdd5CwMyS3_H1_SESofH

- Pachghare, V. K. (2011). *Comprehensive Computer Graphics*. United States of America. Recuperado el 04 de Setiembre de 2016
- Pixologic. (13 de Enero de 2009). *ZBrush Overview*. Recuperado el 30 de Octubre de 2015, de <http://pixologic.com/zbrush/features/overview/>
- Pixologic. (09 de Febrero de 2010). *Volume License*. Recuperado el 30 de Octubre de 2015, de <http://store.pixologic.com/ZBrush-4R7-Academic-and-Educational-License/>
- Pixologic. (13 de Octubre de 2015). *System specs*. Recuperado el 30 de Octubre de 2015, de <http://pixologic.com/zbrush/system/>
- Postic, M. (2000). *La relación educativa. Factores institucionales, sociológicos y culturales*. Madrid. Recuperado el 09 de Octubre de 2016
- Qualcomm. (2015). *Digital Education Project in South Korea*. Recuperado el 17 de Junio de 2017
- Qualcomm. (28 de Febrero de 2016). *Vuforia Features*. Recuperado el 22 de Abril de 2016, de <https://www.vuforia.com/Features>
- Reitmayr, G. (22 de Mayo de 2011). *Augmented Reality SDKs*. Recuperado el 15 de Abril de 2016, de <http://www.icg.tugraz.at/Members/gerhard/augmented-reality-sdks>
- Rouse, M., & Silverthorne, V. (03 de Junio de 2016). *Integrated development environment (IDE)*. Recuperado el 22 de Setiembre de 2016, de <http://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/integrated-development-environment>
- Sáez López, J. M. (17 de Setiembre de 2010). *Utilización de las TIC en el proceso de enseñanza - aprendizaje, valorando la incidencia real de las tecnologías en la práctica docente*. Obtenido de <http://www.uclm.es/varios/revistas/docenciaeinvestigacion/pdf/numero10/7.pdf>
- Salazar Alvarez, I. A. (2013). *Diseño e implementación de un sistema para información turística basado en realidad aumentada*. Lima.

- Santalla Mancilla, P. C., García Ruiz, M. A., Acosta Díaz, R., & Juárez, C. U. (2012). *Service Oriented Architecture to Support Mexican Secondary Education through Mobile Augmented Reality*. Recuperado el Octubre de 2015
- Shelly, G. B., & Rosenblatt, H. J. (2009). *Systems Analysis and Design*. Recuperado el 15 de Abril de 2016
- Slant. (2016). *What are the 3D game engines?* Recuperado el 2016, de <https://www.slant.co/topics/1495/~3d-game-engines>
- SocialCompare. (15 de Octubre de 2013). *Augmented Reality SDK Comparison*. Recuperado el 15 de Abril de 2016, de <http://socialcompare.com/en/comparison/augmented-reality-sdks>
- Stackoverflow. (07 de Junio de 2013a). *Can you recommend a better IDE for Unity C# coding? [closed]*. Recuperado el 04 de Enero de 2016, de <http://stackoverflow.com/questions/16984392/can-you-recomment-a-better-ide-for-unity-c-sharp-coding>
- Stackoverflow. (10 de Diciembre de 2013b). *augmented reality framework [closed]*. Recuperado el 15 de Abril de 2016, de <http://stackoverflow.com/questions/1939318/augmented-reality-framework>
- Tomás Gironés, J. (2012). *El gran libro de Android*. Barcelona, España: Marcombo. Recuperado el 18 de Enero de 2017
- UNESCO. (2012). *Activando el aprendizaje móvil: Temas Globales*. Recuperado el 20 de Mayo de 2017
- Unity. (12 de Marzo de 2014). Recuperado el 12 de Febrero de 2016, de <https://unity3d.com/es/>
- Unity forum. (10 de Noviembre de 2013). *SharpDevelop and Unity*. Recuperado el 04 de Enero de 2016, de <https://forum.unity3d.com/threads/sharpdevelop-and-unity.209937/>
- Unreal Engine. (15 de Junio de 2010). Recuperado el 14 de Febrero de 2016, de <https://docs.unrealengine.com/latest/INT/GettingStarted/RecommendedSpecifications/>

- Unreal Engine. (6 de Enero de 2013). *What is Unreal Engine 4*. Recuperado el 14 de Febrero de 2016, de <https://www.unrealengine.com/>
- Venkat, S. (23 de Julio de 2008). *3D computer graphics*. Recuperado el 01 de Octubre de 2015, de <http://filmtechniques.blogspot.pe/2008/07/3d-computer-graphics.html>
- Wikitude. (25 de Enero de 2017). *Wikitude Products*. Recuperado el 12 de Febrero de 2017, de <http://www.wikitude.com/products/wikitude-sdk/>
- World Heritage Encyclopedia. (26 de Diciembre de 2013). *List of 3D rendering software*. Recuperado el 01 de Octubre de 2015, de http://self.gutenberg.org/articles/eng/List_of_3D_computer_graphics_software
- Zugara. (1 de Marzo de 2014). *The Webcam Social Shopper (WSS)*. Recuperado el 26 de Diciembre de 2016, de [http://zugara.com/virtual-dressing-room-technology/webcam-social-shopper#prettyPhoto\[1\]/0](http://zugara.com/virtual-dressing-room-technology/webcam-social-shopper#prettyPhoto[1]/0)

ANEXOS

Anexo 1: Hardwares recomendados para 3DS Max

El formulario de Autodesk, figura 107, se encuentra en el enlace <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/syscert?id=18844534&siteID=123112>, este formulario muestra las recomendaciones de Autodesk de los sistemas operativos y tarjetas gráficas para sus productos.

Find Recommended Hardware

Use this tool to find recommended system hardware or graphics hardware and drivers.

Autodesk tests system hardware, graphics hardware and drivers for a number of Autodesk products and suites. Please note that not all Autodesk products participate in hardware certification.

Begin by selecting the type of hardware you want to find. The results of your search will appear beneath the form.

* Required Fields

1. What type of hardware do you want to find?

System Hardware Graphics Hardware

2. * For which product(s) or suite

* Product(s) (3 maximum)	Or a Design Suite	Suite Edition
AutoCAD	Select one	
Autodesk 3ds Max		
Autodesk Alias	* Product or Suite Release	
Autodesk Alias SpeedForm		
Autodesk Composite		

3. * For which operating system and manufacturer?

Operating System System Manufacturer

Which results would you like to see? Recommended All

Figura 107: Formulario de Autodesk para encontrar las recomendaciones de los hardwares compatibles con sus productos

Fuente: (Autodesk, 2012a)

En la figura 108 se muestra el formulario de la figura 107 completado para encontrar las recomendaciones para 3DS Max.

Begin by selecting the type of hardware you want to find. The results of your search will appear beneath the form.

* Required Fields

1. What type of hardware do you want to find?

System Hardware Graphics Hardware

2. * For which product(s) or suite

* Product(s) (3 maximum)	Or a Design Suite	Suite Edition
AutoCAD	Select one	
AutoCAD for Mac		
Autodesk 3ds Max	* Product or Suite Release	
Autodesk Alias	2015	
Autodesk Alias SpeedForm ▼	▼	

3. * For which operating system and manufacturer?

Operating System	Graphics Card Manufacturer
Windows 8.1 64-bit ▼	View All ▼

Which results would you like to see? Recommended Certified All

Figura 108: Formulario completo para mostrar recomendaciones de hardwares compatibles con Autodesk 3DS Max
Fuente: (Autodesk, 2012c)

Los resultados del formulario en la figura 108 se encuentran en el enlace http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/syscert?siteID=123112&id=18844534&results=1&stype=graphic&product_group=6&release=2015&os=131072&manufacturer=all&opt=0

Anexo 2: Hardwares recomendados para Maya

En la figura 109 se muestra el formulario de la figura 107 completado para encontrar las recomendaciones para Autodesk Maya.

Find Recommended Hardware

Use this tool to find recommended system hardware or graphics hardware and drivers.

Autodesk tests system hardware, graphics hardware and drivers for a number of Autodesk products and suites. Please note that not all Autodesk products participate in hardware certification.

Begin by selecting the type of hardware you want to find. The results of your search will appear beneath the form.

* Required Fields

1. What type of hardware do you want to find?

System Hardware Graphics Hardware

2. * For which product(s) or suite

* Product(s) (3 maximum)

Autodesk Inventor

Autodesk MayaLT

Autodesk Motionbuilder

Autodesk Mudbox

a Design Suite

Select one

Suite Edition

* Product or Suite Release

2015

3. * For which operating system and manufacturer?

Operating System

Windows 8.1 64-bit

Graphics Card Manufacturer

View All

Which results would you like to see?

Recommended

Certified

All

Figura 109: Formulario completo para mostrar recomendaciones de hardwares compatibles con Autodesk Maya

Fuente: (Autodesk, 2012e)

Los resultados del formulario en la figura 109 se encuentran en el enlace http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/syscert?siteID=123112&id=18844534&results=1&stype=graphic&product_group=19&release=2015&os=131072&manufacturer=all&opt=0

Anexo 3: Examen del Sistema Digestivo

Nombre:

1. ¿Qué es el Sistema Digestivo?
 - a) Es un conjunto de músculos que recubren nuestros huesos.
 - b) Está compuesto por el esqueleto que contiene 206 huesos.
 - c) Es el conjunto de órganos encargados de la transformación de los alimentos para que el cuerpo pueda quedarse con aquellas partes aprovechables y desechar lo que no son.

2. ¿Qué es el Bolo alimenticio?
 - a) Es la mezcla de los alimentos con la saliva.
 - b) Se forma en el Estómago cuando la comida se mezcla con el jugo gástrico.
 - c) Son los nutrientes absorbidos por el Intestino Delgado.

3. ¿En qué se diferencian la Faringe del Esófago?
 - a) En que en el Esófago se absorben nutrientes.
 - b) En que por la Faringe pasa aire y comida.
 - c) No hay diferencia.

4. ¿Qué es el Quimo?
 - a) Es la mezcla del bolo alimenticio con el jugo pancreático.
 - b) Es la mezcla del bolo alimenticio con el jugo gástrico.
 - c) Es la mezcla del bolo alimenticio con la bilis.

5. ¿Qué es la digestión?
 - a) Es la mezcla de los alimentos con el jugo gástrico.
 - b) Es la mezcla de los alimentos con la saliva.
 - c) Es la transformación que sufren los alimentos.

6. Que es lo que produce el hígado:

- a) El quimo.
- b) La bilis.
- c) El jugo pancreático.

7. En el Intestino delgado se mezclan:

- a) La bilis, el jugo pancreático y el quimo.
- b) El bolo alimenticio, el jugo pancreático y el quimo.
- c) La bilis, la saliva y el quimo.

8. Las sustancias no absorbidas en el intestino delgado son:

- a) Almacenadas en el Hígado.
- b) Expulsados al exterior por el ano.
- c) Transformados en bolo alimenticio.

Anexo 4: Cuestionario

Nombre: _____

1. ¿Te gustó la nueva forma de enseñanza?
 - a) Sí, en absoluto.
 - b) Sí, un poco.
 - c) Me parece lo mismo.
 - d) No.

2. ¿Te gustaría que tus clases sean siempre así?
 - a) Sí, siempre.
 - b) Sí, a veces.
 - c) Me parece lo mismo.
 - d) No, prefiero como antes.

3. ¿Te ayudó a aprender nuevas cosas la nueva forma de enseñanza?
 - a) Sí, muchas.
 - b) Sí, algunas.
 - c) Solo un poco.
 - d) No, nada.

4. ¿Te gustó la manipulación de los modelos 3D?
 - a) Sí, mucho.
 - b) Sí, un poco.
 - c) Me parece lo mismo.
 - d) No, nada.

5. ¿Te pareció real los modelos 3D utilizados?
 - a) Sí, mucho.
 - b) Sí, un poco.
 - c) Me parece lo mismo.
 - d) No, nada.

iii MUCHAS GRACIAS POR TU TIEMPO!!!