



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA TÉCNICA**

**TÍTULO DE INGENIERO EN INFORMÁTICA**

**Desarrollo de una solución para la personalización de implementos deportivos mediante realidad aumentada. Caso de Estudio “Artículos Deportivos Foundu SL”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**AUTORA:** Lanche Tobar Raquel Maricela.

**DIRECTOR:** Abad Espinoza Marco Patricio.

**CENTRO UNIVERSITARIO MADRID - BARCELONA**

2017



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

*Abril, 2015*

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Ingeniero:

Marco Patricio Abad Espinoza

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Desarrollo de una solución para la personalización de implementos deportivos mediante técnicas de realidad aumentada, realizado por Lanche Tobar Raquel Maricela, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, julio 2017

f(.....)

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Lanche Tobar Raquel Maricela declaro ser autora del presente trabajo de titulación: “Desarrollo de una solución para la personalización de implementos deportivos mediante técnicas de realidad aumentada”, de la titulación de Ingeniería en Informática, siendo el Ingeniero Marco Patricio Abad Espinoza Director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente señala: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

---

Lanche Tobar Raquel Maricela.

C.C: 0603212846

## DEDICATORIA

Con todo mi amor dedico esta tesis:

Primero a mi Dios por guiarme, darme fuerza y voluntad para no desmayar ante los problemas que se presentaron, enseñándome a afrontar las adversidades sin desfallecer en el intento.

A mis padres Rogelio Lanche Jiménez y Santa María Tobar Vargas quienes son mi ejemplo a seguir y apoyo incondicional en momentos difíciles, ellos a pesar de la distancia con sus consejos, comprensión y amor me transmitían la energía necesaria para alentarme y seguir luchando por mis metas.

A mis hermanos, amigos y compañeros quienes me brindaron su hombro en momentos críticos y su comprensión al distanciarme de la vida social para sumergirme en los libros. Aquellos con quienes he compartido durante 5 años esta gran aventura de aprendizaje y convivencia entre suspenso, tristezas y alegrías.

A todos aquellos que hoy en día están junto a mí para ser testigos de mi logro académico, con quienes estoy agradecida y orgullosa de poder compartirlo.

***Kuper Lanche***

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero dejar constancia de mi agradecimiento a mi profesora de primaria Lic. Nancy Estrada Gaibor, quien inicio y alimento mis primeras inquietudes de aprendizaje, en secundaria a los docentes de Unidad Educativa Nacional Napo que complementaron mis conocimientos en el bachillerato de físico y Matemático, en la Universidad Técnica Particular de Loja a todos los maestros que a lo largo de mi carrera académica contribuyeron para sustentar mis conocimientos que me permitieran culminar los estudios universitarios y defenderme en el ámbito profesional.

En especial mi sincera gratitud al Ing. Marco Patricio Abad Espinoza por su admirable labor de tutor, su confianza, dedicación, apoyo y sus consejos los cuales me ha guiado para llegar a feliz término de este trabajo de titulación.

A todas aquellas personas que, directa o indirectamente han aportado en el desarrollo del presente trabajo. Sin vosotros este proyecto no habría sido posible. ¡Mil gracias!

***Kuper Lanche***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	10
ÍNDICE DE TABLAS .....	12
ÍNDICE DE ANEXOS .....	13
RESUMEN .....	14
ABSTRACT .....	15
INTRODUCCIÓN .....	16
CAPÍTULO I. VISIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	18
1.1. Título Proyecto .....	19
1.2. Definición y justificación del problema.....	19
1.3. Objetivos .....	20
1.3.1. Objetivo general .....	20
1.3.2. Objetivos específicos .....	20
1.4. Estrategia o metodología de desarrollo.....	21
1.5. Realidad Aumentada.....	21
1.6. Resultados esperados.....	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes.....	24
2.2. Realidad Aumentada (RA).....	24
2.2.1. Definición de la realidad aumentada (RA).....	27
2.2.2. Características de la realidad aumentada .....	28
2.2.3. Tipos de realidad aumentada.....	28
2.2.4. Usos de realidad aumentada .....	29
2.2.5. Reconocimientos de realidad aumentada .....	33
2.2.6. Aplicaciones de realidad aumentada.....	33
2.2.7. Herramientas para el desarrollo de la RA. ....	35

2.2.8. Librerías y SDK para realidad aumentada. ....	37
2.2.9. Programas para la creación de escenas, botones y menús.....	39
2.2.10. Programas para la creación de objetos 3D, imágenes y renderizado. ....	41
2.3. Análisis de las herramientas a utilizar.....	43
2.4. Herramientas para el desarrollo de la solución.....	43
2.4.1. Unity.....	43
2.4.1.1. Antecedentes.....	43
2.3.1.2 ¿Qué es Unity?.....	43
2.4.1.3. Aplicación del Unity. ....	44
2.4.1.4. Entorno del Unity. ....	44
2.4.2. ARToolKit. ....	45
2.4.1.2. Funcionamiento del ARToolKit. ....	46
2.4.3. Lenguaje de programación C. ....	47
2.4.5. Sketchup Pro.....	48
2.4.5.1. Aplicación del Sketchup Pro, imagen y renderizado.....	49
2.4.6. Librerías Open CV.....	50
2.4.6.1. Reconocimiento de patrones y metodologías. ....	50
2.4.6.2. Estructura de las librerías OpenCV. ....	51
2.4.7. Algoritmos usados para la realidad aumentada. ....	52
2.4.7.1 Algoritmos básicos de coincidencia de colores. ....	52
2.4.7.2. Algoritmo básico de correlación cruzada. ....	53
2.4.7.3. Algoritmo básico de reconocimiento óptico de caracteres (OCR). .....	53
2.4.7.4. Algoritmo de reconocimiento de imágenes.....	54
2.5. Procesamiento y reconocimiento de la imagen .....	54
2.6. Selección del algoritmo óptimo .....	56
CAPITULO III. TÉCNICAS DE REALIDAD AUMENTADA Y DISPOSITIVOS APLICABLES .....	58



3.1. Técnicas de realidad aumentada .....	59
3.1.1. Aplicación del ARToolKit a la RA .....	59
3.1.2. Características de RA relacionadas con implementos deportivos...	61
3.1.3. Algoritmos aplicados en la realidad aumentada .....	62
3.1.4. Algoritmos de reconocimiento de objeto. ....	62
3.1.4.1. Scale Invariant Feature Transform (SIFT) .....	63
3.1.4.2. Speeded Up Robust Features (SURF) .....	63
3.1.4.3. Features from Accelerated Segment Test (FAST).....	64
3.1.4.4. Enfoque de aprendizaje automático .....	64
3.1.4.5. Supresión no máxima para la eliminación de esquinas adyacentes .....	64
3.1.4.6. Random Sample Consensus (RANSAC).....	65
3.1.4.7. K - Nearest Neighbour (KNN) .....	65
3.1.4.8. Viola-Jones Face Detector .....	66
3.1.4.9. Filtro Kalman .....	66
3.1.5. Homografía .....	67
3.1.5.1. Medición del error .....	68
3.2. Dispositivos aplicables para la RA.....	69
3.2.1. Prototipo del Proyecto de personalización de implementos deportivos mediante técnicas.....	70
CAPÍTULO IV. METODOLOGIA, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL COMPONENTE.....	72
4.1. Metodología del ciclo de vida de los sistemas. ....	73
4.1.1. Fases de la metodología <i>SDLC</i> .....	74
4.1.2. Modalidad de la Investigación. ....	74
4.1.3. Tipo de investigación utilizada para la solución. ....	74
4.1.4. Procedimientos.....	75
4.2. Fases de implementación para la solución. ....	76
4.2.1. Fase I. Identificación de problemas, oportunidades y objetivos. ....	76

4.2.2. Fase II. Determinación de los requerimientos de información.....	76
4.2.3. Fase III. Análisis de las necesidades del sistema. ....	76
4.2.4. Fase IV. Diseñar la estructura de la aplicación mediante las librerías ARToolKit, herramientas de diseño y modelo para la RA. ....	77
4.4.5. Fase V. Desarrollo y documentación del software. ....	77
4.2.6. Fase VI. Prueba y mantenimiento del sistema. ....	77
4.2.7. Fase VI. Implementación y evaluación final de la aplicación.....	77
4.3. Desarrollo del componente .....	78
4.4. Diseño preliminar .....	79
4.5. Diseño del componente versión inicial.....	80
4.6. Arquitectura. ....	81
4.7 Componentes/Diagramas. ....	81
4.8. Implementación. ....	83
Capítulo V. Pruebas y funcionamiento del componente.....	84
4.1. Pruebas de funcionamiento.....	85
5.1.1. Prueba de inicio y configuración.....	85
5.1.2. Prueba de marco y escena. ....	86
5.1.3. Prueba de movimiento .....	86
5.1.4. Prueba de seguimiento y botones.....	87
5.1.5. Prueba de cambio de colores:.....	87
5.1.6. Prueba final.....	88
4.2. Inicio de sesión .....	89
4.3. Interfaz .....	89
CONCLUSIONES .....	90
RECOMENDACIONES.....	91
BIBLIOGRAFIA .....	92
ANEXOS .....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema básico del concepto de realidad aumentada .....	21
Figura 2: Esquema general del concepto de realidad aumentada .....	25
Figura 3: Aspectos básicos de la RA, uso en Smartphone y en pc .....	27
Figura 4: Juego de realidad aumentada .....	30
Figura 5: Cambiador de ropa con tecnología Expothat VSS - Zugara.....	31
Figura 6: Realidad aumentada social .....	32
Figura 7: RA en tienda virtual, con opción a información del artículo .....	33
Figura 8: Entorno de desarrollo Unity 3D .....	45
Figura 9: Plantilla de imágenes ARToolKit .....	47
Figura 10: Diagrama de funcionamiento ARToolKit .....	48
Figura 11: Modelo casa Sketchup .....	49
Figura 12: Aplicaciones OpenCV .....	50
Figura 13: Estructura de la librería OpenCV.....	51
Figura 14: Seguidor de caras realizado con un filtro de Kalman .....	52
Figura 15: Salida del seguidor de caras realizado con un filtro de <i>Kalman</i> .....	52
Figura 16: Diagrama UML base .....	57
Figura 17: Algoritmo del Proceso de reconocimiento de objetos.....	62
Figura 18: Ilustración para identificar la Homografía .....	67
Figura 19: Las siete fases del ciclo de vida de desarrollos de sistemas. ....	73
Figura 20: Arquitectura de la aplicación solución .....	81
Figura 21: Diagrama de flujo de la aplicación ARToolKit .....	82
Figura 22: Descarga de la aplicación ARToolKit .....	98
Figura 23: Instalación de la aplicación ARToolKit .....	98
Figura 24: Instalación de paquetes y direccionamiento <i>ARToolKit</i> .....	99
Figura 25: Instalación de dependencias y herramientas .....	99
Figura 26: Archivos .rar de herramientas, software y librería para ARToolKit ..	99
Figura 27: Instalando Visual Studio .....	100
Figura 28: Instalando Visual Studio 2013 en la Computadora.....	100
Figura 29: Instalando Visual Studio 2013 en la Computadora.....	101
Figura 30: Instalando librerías y DLL.....	101
Figura 31: Aplicación cargando la librería de ARToolKit .....	102
Figura 32: Programa configurado.....	103
Figura 33: Descarga de la aplicación Unity. ....	104

Figura 34: Descarga de la aplicación Unity 2. ....	104
Figura 35: Instalación de la aplicación Unity 3D.....	105
Figura 36: Creando proyecto con Unity 3D .....	106
Figura 37: Descarga de la aplicación Sketchup .....	107
Figura 38: Descarga de la aplicación Sketchup 2. ....	107
Figura 39: Instalación de la aplicación Sketchup Pro .....	108
Figura 40: Aplicación Sketchup Pro .....	108
Figura 41: Importando paquetes de ARToolKit .....	109
Figura 42: Creado ejemplo de implementación de la librería de ARToolKit en Unity. ....	110
Figura 43: Creación y configuración de la escena.....	110
Figura 44: inspector del Unity 3D .....	111
Figura 45: Creando un objeto 3D. ....	112
Figura 46: Configuración de los Layer de los objetos.....	112
Figura 47: Configuración de los Layer de los objetos y del marcador. ....	113
Figura 48: Botón comenzar y salir de la aplicación .....	114
Figura 49: Botones de cambio de ropa .....	114
Figura 50: botones de posición y tamaño.....	114
Figura 51: Ropa 1, modelo hombre.....	115
Figura 52: Ropa 2, modelo hombre.....	115
Figura 53: Ropa 3, modelo mujer.....	116
Figura 54: Ropa 4, modelo mujer.....	116
Figura 55: Botella 1 .....	117
Figura 56: Modelo 1 Gorra .....	117
Figura 57: Ropa modelo hombre 1. Con persona .....	118
Figura 58: Ropa modelo hombre 2. Con persona .....	118

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro comparativo de diferentes herramientas para el desarrollo de la RA .....	35
Tabla 2: Escala de calificación. ....	36
Tabla 3: Escala de calificación según características para las herramientas de desarrollo.....	36
Tabla 4: Cuadro comparativo de diferentes librerías y SDK de realidad aumentada .....	37
Tabla 5: Escala de calificación según características para las librerías y SDK.	38
Tabla 6: Cuadro comparativo de diferentes herramientas para la creación de escenas, botones y menús.....	39
Tabla 7: Escala de calificación según características para los programas de creación de entornos, botones y menús.....	40
Tabla 8: Cuadro comparativo de diferentes herramientas para la creación de objetos en 3D, imágenes y renderizados. ....	41
Tabla 9: Escala de calificación según características para los programas de creación de objetos 3D, imágenes y renderizado.....	42
Tabla 10: Algoritmos que se usaran para la aplicación solución.....	68
Tabla 11: Prototipo de equipos para el proyecto y recomendaciones. ....	70
Tabla 12: Prueba de funcionamiento N°1.....	85
Tabla 13: Prueba de funcionamiento N°2.....	85
Tabla 14: Prueba de funcionamiento N°3.....	86
Tabla 15: Prueba de funcionamiento N°4.....	86
Tabla 16: Prueba de funcionamiento N°4.....	87
Tabla 17: Prueba de funcionamiento N°4.....	87
Tabla 18: Prueba de funcionamiento N°4.....	88
Tabla 19: Prueba de funcionamiento N°4.....	88
Tabla 20: industrias que maneja Foudmu SL.....	120
Tabla 21: Servicios que ofrece Foudmu SL.....	120
Tabla 22: Productos y artículos que vende InterSport afiliado a Foudmu SL.	120
Tabla 23: Productos que requieren estar en la presencia de la aplicación ....	122
Tabla 24: Población de la encuesta .....	124
Tabla 25: Respuesta de los clientes al requerimiento de la aplicación .....	124

Tabla 26: Resultado de aceptación de la aplicación según los clientes encuestados.....	125
--	-----

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Instalación del ARToolKit en Visual Studio .....	98
Anexo 2: Instalación del Unity .....	104
Anexo 3: Instalación de Sketchup Pro.....	107
Anexo 4: Creando proyecto en Unity acoplando las librerías de ARToolKit...	109
Anexo 5: Muestras de las escenas, aplicación y ejemplos con prueba humana. .....	114
Anexo 6: Descripción de la empresa.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 7: Productos y artículos de empresa .....	120
Anexo 8: Encuesta de Requerimientos .....	123
Anexo 9: Resultados .....	125

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en la implementación de la realidad aumentada (RA) para satisfacer la necesidad actual de los clientes que adquieren artículos deportivos de la empresa Foudnu SL. Los requerimientos y necesidades que presenta el mundo actualmente motivan a estar en la vanguardia de las tecnologías innovadoras como la RA. Una aplicación basada en este concepto une la realidad con lo virtual creando un entorno mixto donde se puede encontrar diferentes aplicaciones para muchos ámbitos: educación, entretenimiento, ventas, turismo, posicionamiento, informáticos, laboral entre otros.

Con el propósito de realizar una aplicación en la cual se pueda visualizar, ropa e implementos deportivos de la empresa Foudnu SL, se estableció las herramientas a usar, las cuales se compatibilizan desde la creación de entornos virtuales, librerías, renderizado, materiales, hasta la cámara y el usuario del entorno real, esto mediante botones programados e interfaz de usuario.

**PALABRAS CLAVES:** Realidad aumentada, ARToolKit, Unity, Sketchup Pro, Cámara, Marco, *Scripts*.

## **ABSTRACT**

The present project consists of the implementation of augmented reality (AR) to meet the current need of customers who purchase sporting goods from Foudnu SL. The requirements and needs of the world today are motivated to be at the forefront of innovative technologies such as AR. An application based on this concept joins reality with the virtual creating a mixed environment where you can find different applications for many areas: education, entertainment, sales, tourism, positioning, computer, work, among others.

With the purpose of making an application in which you can visualize, clothing and sports implements of the company Foudnu SL, the tools to be used were established, which are compatible from the creation of virtual environments, libraries, rendering, materials, to the Camera and the user of the real environment, this through programmed buttons and user interface.

**KEYWORDS:** Augmented Reality, ARToolKit, Unity, SketchUp Pro, Camera, Frame, Scripts.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación contempla el desarrollo de una aplicación para la personalización de implementos deportivos mediante técnicas de realidad aumentada para la empresa Foudmu SL. Con lo cual se pretende solventar el requerimiento actual de los consumidores al momento de elegir un artículo deportivo, considerando el nuevo esquema de la venta al asociar la realidad con el entorno virtual, y permitiendo mejorar la atención y servicio que se presta al cliente.

Asimismo, el desarrollo del proyecto se da, debido a la gran utilidad de estructurar una aplicación que permita brindar a las empresas este servicio de realidad aumentada para ofertar sus productos de manera personalizada y a gusto del cliente, facilitando cumplir con las expectativas del mismo, acoplando la ropa o vestimenta en un entorno virtual con un cámara y mostrándola combinada con el entorno real.

A través de la investigación realizada en la empresa Foudmu SL, y luego de haber identificado la problemática, se propone el desarrollo de una aplicación para la personalización de implementos deportivos mediante técnicas de realidad aumentada, para la materia de estudio; el mismo que está organizado de cinco capítulos descritos a continuación.

Capítulo I: Considera la visión general del proyecto, en el cual se describe el título del proyecto, la respectiva definición y justificación del problema, el objetivo general y el objetivo específico, además la estrategias o metodología de desarrollo, y los resultados esperados.

Capítulo II: Describe el marco teórico, en el que se detalla los antecedentes, conceptos básicos acerca de la realidad aumentada, características, tipos, usos y aplicaciones, también las herramientas para el desarrollo de la realidad aumentada, concepto de las aplicaciones escogidas, Unity, Sketchup Pro, ARToolKit, Visual Studio, y los algoritmos de aplicación.

Capítulo III: Detalla las técnicas de realidad aumentada y dispositivos aplicables, donde se hace referencia a las herramientas y tecnológicas usadas para crear realidad aumentada, además, de establecer las herramientas que se usaran en el proyecto, características, algoritmos, y técnicas.

Capítulo IV: Metodología, diseño e implementación del componente, detalla la metodología, modalidades de la investigación, tipos y procedimientos a implementar. Por otra parte, se define el desarrollo del componente, su diseño preliminar, arquitectura, diagramas e implementación.

Capítulo V: Referencia la prueba y funcionamiento del componente, en este apartado se establecen las pruebas de funcionamiento de la aplicación en base a tablas de pruebas por segmento estructuradas, el inicio de sesión y la interfaz.

Finalmente, se encuentran las conclusiones y recomendaciones del proyecto, además de los anexos en la que se detalla las instalaciones de las herramientas, los documentos de la empresa Foumdu SL y pruebas de la aplicación final.

## **CAPÍTULO I. VISIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

## **1.1. Título Proyecto**

Desarrollo de una solución para la personalización de implementos deportivos mediante técnicas de realidad aumentada.

## **1.2. Definición y justificación del problema**

Las necesidades actuales de los clientes que compran artículos deportivos, es muy diversa tomando en cuenta que los consumidores son exigentes a la hora de elegir entre un artículo u otro, razón por la cual, los valores agregados que den cada una de las empresas que venden este tipo de implementos, podría generar una ventaja competitiva.

Resulta significativo diseñar una aplicación para la venta de artículos deportivos, considerando la importancia de asociar la realidad con el entorno virtual, que permitan mejorar la atención y servicio al cliente con la presentación de sus artículos personalizados, visualizándolos en tamaño real a través de un proyector.

El uso de una aplicación de técnicas y aplicaciones que permitan la publicación de contenidos a través de la Realidad Aumentada (RA) e integración con una aplicación de venta de artículos deportivos personalizados, se desarrollará con el apoyo de "Foumdu SL "; una empresa situada en la ciudad de Barcelona, enfocada en la búsqueda de emprendedores con proyectos en desarrollo, pretendiendo cubrir los siguientes aspectos:

- Incorporar en las tiendas un servicio innovador, que permita personalizar los artículos deportivos.
- Impulsar la venta de sus artículos, con el propósito de mejorar la rentabilidad de la empresa.
- A través de la proyección del artículo en forma real, así como un adiconamiento virtual, mejorar el servicio y captar la atención del cliente.
- Identificar los detalles de la imagen que desea que se personalice por parte del cliente.
- Modificaciones o ajustes de la imagen asociada al artículo deportivo.

El proyecto se fundamenta en el desarrollo de una solución para personalizar los artículos deportivos, aplicando técnicas de RA que permita identificar imágenes individualizadas, y su aplicación a un artículo específico de la tienda, para ello se utilizará un marcador, similar a los códigos QR<sup>1</sup> habituales en los dispositivos móviles, para finalmente proyectarlo con la finalidad que de que el cliente visualice de manera real su artículo. Una vez aprobado el producto se envía a su respectiva fabricación en cantidades y condiciones solicitadas.

El enfoque de la RA, destaca que existen tres formas de representar esta tecnología, la primera con el computador tradicional, la segunda con dispositivos portátiles miniaturizados; y tercero con dispositivos específicos de realidad aumentada (Fombona et al., 2012).

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar una aplicación para la venta de artículos deportivos personalizados utilizando la superposición de objetos virtuales en un entorno real, mejor conocido como RA (Realidad Aumentada).

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

1. Realizar un acercamiento teórico – científico de los motores y algoritmos que se requieren para desarrollar la aplicación en base a la realidad aumentada.
2. Analizar las técnicas de realidad aumentada aplicadas al contexto de problema de estudio.
3. Valorar las características técnicas de los dispositivos para la proyección en tamaño real.
4. Implementar un software que combine la imagen del cliente con el artículo deportivo, y presente una imagen integral.

---

<sup>1</sup> Un código QR es un módulo útil para almacenar información en una matriz de puntos o un código de barras bidimensional

5. Validar el funcionamiento de la aplicación mediante pruebas en entorno real.

#### 1.4. Estrategia o metodología de desarrollo

Para diseñar la aplicación de venta de artículos deportivos personalizados utilizando algoritmos de procesamiento de imágenes con realidad aumentada, se aplicaron lenguajes de programación como C y Java, uso de librerías OpenCV y ARToolKit; y aplicaciones como Unity y Sketchup, las cuales tienen un conglomerado de características particulares esenciales para el desarrollo del proyecto.

#### 1.5. Realidad Aumentada

La realidad aumentada es la mezcla de un entorno real con lo virtual por medio de dispositivos de captura como la cámara de un equipo informático o dispositivo móvil avanzado que añade elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a la que se suman datos informáticos (Fombona et al., 2012). Como podemos apreciar en la siguiente figura se muestra el esquema básico de funcionamiento de la realidad aumentada.

Figura 1:

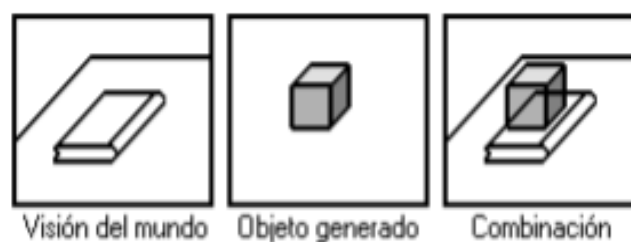


Figura 1: Esquema básico del concepto de realidad aumentada

Fuente: (Machado Marcos, 2011)

#### 1.6. Resultados esperados

Tomando como referencia los objetivos específicos planteados, los resultados esperados que aspira tener este proyecto son los siguientes:

1. Establecer un documento de sustento que contenga la descripción teórico – científica de la aplicación de técnicas de realidad aumentada.
2. Establecer las técnicas de realidad aumentada para la personalización de artículos deportivos.
3. Identificación de las características y dispositivos requeridos para la proyección, y visualización de los resultados obtenidos.
4. Aplicación para la venta de productos deportivos personalizados utilizando algoritmos de procesamiento de imágenes.
5. Que el software a desarrollar cumpla con los requerimientos y necesidades de los interesados, y;
6. Que la implementación y el funcionamiento sea eficazmente corroborada en tres artículos deportivos (camiseta, gorra y botellas deportivas).

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**



## **2.1. Antecedentes**

Lo que se pretende en éste apartado es realizar una investigación bibliográfica de diferentes autores reconocidos en el campo de la realidad aumentada, con la finalidad de obtener los conocimientos suficientes sobre los diferentes elementos como: alcance, usos, requerimientos, aplicaciones, etc.

Donde dicho conocimiento adquirido, permitirá entender esta herramienta tecnológica poco conocida y usada, que, por diversos motivos, como el desconocimiento de sus aplicaciones o la forma de uso, no ha logrado su apogeo. Así, las imágenes proyectadas por medio de computadoras y proyectores, ha sido usadas como herramientas de un sin número de campos y disciplinas, permitiendo generar los datos en imágenes.

En este sentido, el realismo alcanzado de las imágenes por medio de estas tecnologías se fundamenta en la foto realismo. Donde, mediante una cámara de alta tecnología informática es capturada la imagen que a la postre será proyectada por otros medios tecnológicos, permitiendo al usuario apreciar al producto en un tamaño real, permitiéndole la evaluación del mismo.

El presente capítulo tiene como propósito analizar las conceptualizaciones teóricas con respecto a la realidad aumentada como herramienta del avance tecnológico en la venta de artículos deportivos, efectuando un reconocimiento de la fundamentación teórica a través de investigaciones realizadas, así como identificar los algoritmos necesarios para el desarrollo del proyecto, definiendo los términos y estructurando un análisis para cada uno. Así mismo, se analizará el alcance del ARToolKit y su aplicación, analizando las técnicas de RA y algunos recursos que definen la versatilidad estándar del sistema.

## **2.2. Realidad Aumentada (RA)**

Desde el inicio de la era digital el mundo comenzó a observar las cosas de forma diferente. Las tecnologías de la información y la comunicación, han transformado la óptica de los seres humanos en lo referente a la comunicación y relaciones interpersonales. En este contexto dentro del grupo de diferentes tecnologías tenemos a la realidad aumentada; según Fundación Telefónica “es

una nueva ventana a través de cual se puede ver el mundo enriquecido” ( Fundación Telefónica, 2011, pág. 10).

Por ello, para entender la realidad aumentada hay que tomar como referencia a los diferentes sentidos del ser humano que permiten percibir e interpretar los diferentes estímulos del mundo. Así, nuestro entorno es entendido por nuestros sentidos; de esta manera la realidad aumentada lo que realiza es potenciar a estos sentidos para una mejor apreciación de la imagen que se expone, permitiendo llevar la perspectiva real a la digital (Fundación Telefónica, 2011).

Una forma de entender la realidad aumentada, es como se presenta en la Figura 2:

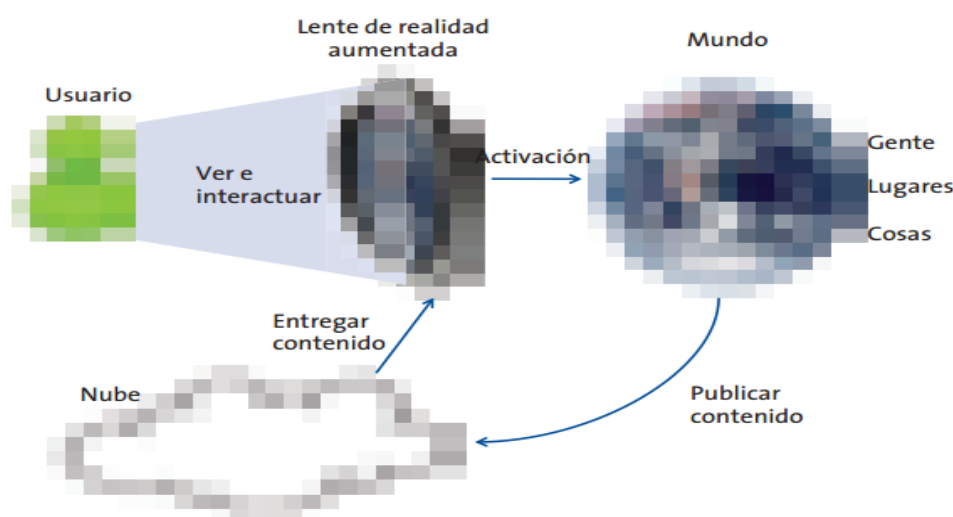


Figura 2: Esquema general del concepto de realidad aumentada

Fuente: Fundación Telefónica.

Elaborado Por: Fundación Telefónica.

Como se aprecia en el Figura 2, la tecnología actúa como una lente, y la capacidad de ésta maneja una parte del sistema de realidad aumentada, el cual se encarga 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).

En sus inicios, la realidad aumentada estaba direccionada a la implementación de un concepto puro, pero con la dificultad de que se necesitaba tecnología más avanzada que en aquella época no existía. Al pasar de los años, se desarrollaron nuevas tecnologías como proyector *Lifeclicker* cuyo nombre es genérico de realidad aumentada inmersiva, pero con el avance tecnológico, en la actualidad se cuenta con la realidad aumentada simple, siendo ésta accesible a todo el mundo.

Gracias al avance tecnológico, las diferentes aplicaciones para ordenadores portátiles, *Smartphone* o consolas permiten enfocar el mundo digital de manera rápida y precisa. Pero lo más importante, es que la realidad aumentada está ubicándose en el sector comercial, permitiendo de una forma más sencilla al consumidor determinar la funcionalidad del producto que desea adquirir.

Bajo este contexto, para lograr entender la realidad aumentada son necesarios cuatros elementos básicos ( Fundación Telefónica, 2011):

- Un componente que captura la imagen que se está observando. Basta para ello una sencilla cámara de las que están presentes en los ordenadores o en los teléfonos móviles.
- Un elemento sobre el que proyectar la mezcla de las imágenes reales con las imágenes sintetizadas. Para ello se puede utilizar la pantalla de un ordenador, de un teléfono móvil o de una consola de videojuegos.
- Otro elemento de procesamiento, o varios de ellos que trabajen conjuntamente. Su cometido es el de interpretar la información del mundo real que recibe el usuario; generar la información virtual que cada servicio concreto necesite y mezclarla de forma adecuada. Estos elementos se pueden encontrar en los PC, móviles o consolas
- Finalmente se necesita un último elemento al que se puede denominar «activador de realidad aumentada». En un mundo ideal, el activador sería la imagen que están visualizando los usuarios, ya que a partir de ella el sistema debería reaccionar. (pág. 11)



Figura 3: Aspectos básicos de la RA, uso en Smartphone y en pc

Fuente: Fundación Telefónica, 2011

Elaborado por: Fundación Telefónica, 2011

### 2.2.1. Definición de la realidad aumentada (RA)

Existen un sin número de definiciones de realidad aumentada, sin embargo, para esta investigación se ha tomado en cuenta las siguientes:

Carlos Alcarria señala que la realidad aumentada (RA) es una línea de investigación que trata de incluir información generada por computador sobre el mundo real” (Alcarria Izquierdo, 2010, pág. 5). Para Raúl Reinoso, la RA es una tecnología emergente que permite disfrutar de experiencias en las que se añade contenido digital a nuestro mundo real, aumentando la percepción que tenemos del mismo ( Reinoso, 2007, pág. 3).

Según Javier Carracedo y Carlos Martínez, establecen que realidad aumentada es aquella tecnología capaz de complementar la percepción e interacción con el mundo real, brindando al usuario un escenario real, aumentado con información adicional generada por un ordenador (Carracedo y Martínez Méndes, 2012, pág. 103).

### 2.2.2. Características de la realidad aumentada

Con base a las definiciones antes mencionadas, se deduce que la realidad aumentada se fundamenta en la integración de la información virtual dentro de una escena en tiempo real de forma intuitiva y realista. La forma de aplicación más sencilla es por medio de textos e imágenes superpuestas que dan información acerca de un objeto. Esto conlleva a definir las siguientes características:

- Combina objetos reales y virtuales en nuevos ambientes integrados.
- Las señales y su reconstrucción se ejecutan en tiempo real.
- Las aplicaciones son interactivas.
- Los objetos reales y virtuales son registrados y alineados geoméricamente entre ellos y dentro del espacio, para darles coherencia espacial.

### 2.2.3. Tipos de realidad aumentada

Se identifican cuatro tipos o niveles de realidad aumentada:

- **Realidad aumentada en base Hiper-enlaces:** Este tipo de realidad aumentada se experimenta por medio de los códigos QR, los cuales son una matriz de datos en forma de código de barra. Se debe tener la aplicación instalada en el dispositivo para acceder a la información a través de la detección de la imagen por medio de la cámara.
- **Realidad aumentada en base a marcadores o imágenes:** Se basa en el uso de imágenes o marcadores (dibujos o imágenes impresas en un papel) para superponer el objeto a través de la cámara o la herramienta que se esté usando para reconocer los parámetros de la información. Una vez reconocido la marca o imagen se experimenta la RA en ella.
- **Realidad aumentada sin marcadores o base a posicionamiento:** Para realizar este tipo de RA, se necesita determinar en qué punto del planeta se ubica la persona, sabiendo dirección, altura y cualquier dato de posicionamiento. Se trabaja principalmente con las cámaras de los dispositivos móviles que cuentan con *GPS*, brújula y acelerómetro.

Básicamente, se aplica cuando el celular capta la imagen del entorno por medio de la cámara y se muestran a ese entorno datos o puntos de interés; datos previamente cargados que se muestran en la pantalla del teléfono y que sirven como información. Sin embargo, hay dispositivos con los cuales se realiza una captación de ejes coordenados con infrarrojos, y que por medio de la profundidad captan una masa y muestran la realidad aumentada configurada.

- **Visión aumentada:** Se realiza por medio de lentillas o dispositivos de visión digital, como los famosos *GoogleGlass*.

#### **2.2.4. Usos de realidad aumentada**

La realidad aumentada, es una herramienta amplia que puede ser usada en un sin número de campos. Actualmente, su producción se ha centrado en el ámbito de los juegos y las ventas, pero es previsible que se extienda rápidamente a otros campos como el turismo, educación, salud, entre otros. A continuación, se muestra una serie de ejemplos de aplicaciones creadas en varios entornos:

- **Realidad aumentada en juegos:** Es la interacción que acerca a la realidad al usuario, su entorno y el mundo virtual, permitiendo unir estos factores, lo que provoca una experiencia nueva de juego y diversión. Para la realización de este tipo de aplicaciones se introdujo lenguajes y arquitecturas de diseño actuales, y que a su vez proporcionan un mayor rango de detalles y vistas, como: Unity, 3D max, Vuforia, Java, Sketchup Pro, entre otras.

Los juegos fueron unas de las primeras alternativas en donde se comenzó a usar la RA como entorno para el usuario, las características de este tipos de juegos es que el dispositivo capta una imagen la cual se muestra en el entorno real dando al usuario la particularidad de poder interactuar físicamente con el objeto virtual que aparece a través de la imagen mostrada ocasionando algún tipo de acción, ya sea moviendo la cámara o pulsando algo del entorno virtual con la mano. Sin embargo, para el uso de este tipo de aplicaciones se

necesitan ciertos equipos como: Computador portátil, GPS, Bluetooth, Wifi, infrarrojos, sensores, entre otros.

La Figura 4, muestra un objeto 3D con un menú de opciones de movimiento configurado con Unity programado con C y Java; el usuario o jugador interactúa con el objeto 3D a través del menú, visualizando todas las acciones pre-programadas del personaje. Esta aplicación fue hecha y configurada con Unity como herramienta base, estableciendo el entorno virtual, acción del personaje, movimiento y gestos, además, usando aplicaciones de renderizado y diseño como Sketchup Pro o 3D Max para el modelado de la ropa, textura y capas del personaje, por otra parte, la configuración de la cámara se ha establecido por medio de librerías como ARToolKit o la SDK de Vuforia.



Figura 4: Juego de realidad aumentada

Fuente: Zonaforo.meristation, 2012

Elaborado por: Zonaforo.meristation, 2012

- **Realidad aumentada en marketing y venta:** Cuando se habla de *marketing* y ventas, básicamente, se trata de captar la atención del cliente para que adquiera un producto. Siempre se busca evolucionar para poder mostrar diferentes modelos del producto, ofreciendo variedad, y así, poder diferenciarse de la competencia. La gran ventaja que ofrece la RA, es poder comprobar el resultado de una compra sin necesidad de probar físicamente el producto, lo cual es ideal y factible para la mayoría de los clientes. Muchas empresas han comenzado a usar la RA para las ventas de sus productos, en donde se puede apreciar el avance tecnológico en diferentes webs, no solo mostrar el

artículo en la persona, sino visualizar diferentes tipos de modelos, modificación de colores, tallas, entre otras características apreciables.

La figura 5 detalla un visor tipo espejo diseñado por la empresa Zugara la cual utiliza tecnología Expothat VSS, que permite a los compradores probarse prenda de vestir en tiempo real, además, cambiar colores, estilos y agregar accesorios a la preferencia del consumidor por medio del RA. Esta tecnología se basa en la realidad aumentada sin marcador, usando a la persona para la proyección, además, el algoritmo que utiliza para este tipo de procedimiento es de mapeo como el hibernate.



Figura 5: Cambiador de ropa con tecnología Expothat VSS - Zugara

Fuente: MarketingDirecto, 2014

Elaborado por: MarketingDirecto, 2014

- **Realidad aumentada en lo social y turístico:** Para este tipo de aplicación de la RA se usa el reconocimiento facial o estructural del OpenCV, con lo cual se realiza una búsqueda en diferentes medios para encontrar datos o información de la persona o estructura. Haciendo uso de la cámara del celular, se crea un modelo 3D y con ello se aplica el vínculo a la información.

En la Figura 6 se observa una imagen 3D superpuesta de un dinosaurio a través de un dispositivo móvil, este procedimiento básicamente aplica



un algoritmo de posicionamiento sin marco en conjunto con una aplicación como Vuforia, la cual usa la cámara del móvil para proyectar la RA y combinar los entornos. Además, en este tipo de realidad aumentada tiende a utilizarse con videos para que la proyección y que tenga un enfoque más realista, sin embargo, pierda el aspecto de interacción usuario-aplicación como en anteriores RA.



Figura 6: Realidad aumentada social

Fuente: DEFINICIÓN ABC, 2016

Elaborado por: DEFINICIÓN ABC, 2016

- **Realidad aumentada para información en tiempo real:** Existen eventos en los cuales disponer de información en tiempo real puede ser de gran utilidad. Las tiendas que han progresado con el uso de la tecnología de la realidad aumentada, no solo muestran el modelo de ropa usando la RA, sino que también usan este ambiente para dar información del artículo, ya sea talla, color, tela, tipos de costura, etc.

En la Figura 7 se aprecia una aplicación creada por Zugara y Webcam Social Shopper, empresas desarrolladoras de software de realidad aumentada, usando algoritmos de posicionamiento con marcadores, han realizado una herramienta con la cual el usuario desde su ordenador puede probarse prendas de vestir a través de una cámara instalada al mismo. De esta manera, el cliente se pone frente a la cámara para que capte el perfil del cuerpo y se muestre la variedad de prendas de vestir que poseen con información detallada de cada una, también se aplicara un modo de captura por medio de la cámara web, en la cual se toma la prenda superpuesta en la persona.



Figura 7: RA en tienda virtual, con opción a información del artículo

Fuente: Tuexperto, 2010

Elaborado por: Tuexpert, 2010

### 2.2.5. Reconocimientos de realidad aumentada

Para Bover (2010) citado por Saraguro (2012) dentro de los tipos de reconocimiento de RA están:

- **Reconocimiento con base a marcadores:** Se fundamenta en determinar los marcadores, no más que imágenes únicas que servirán de referencia para cada uno de los objetos. Los marcos necesitan un patrón único, el cual permitirá a la cámara reconocer y determinar el objeto que debe mostrar.
- **Reconocimiento basado en objetos:** Su implementación representa costes elevados, funciona mediante un sensor de cámara y pretende reconocer un objeto en particular, comparando con una base de datos u objetos.
- **Reconocimiento basado en geolocalización:** Se fundamenta en que utiliza un sistema de localización (*GPS*) y de sistemas que reconozcan la orientación del dispositivo; trabaja en función de puntos de referencia.

### 2.2.6. Aplicaciones de realidad aumentada

La posibilidad de adaptación de la realidad aumenta son infinitas, y pueden ser adaptadas a las diferentes actividades de los sectores empresariales. En la actualidad, gran parte de estas tecnologías han estado enfocadas en el ocio y

el *marketing*, pero es inevitable que esta herramienta migre a otras actividades, mientras se simplifiquen los aparatos tecnológicos.

Sectores como los del turismo, la educación y la salud también comienzan a tener un grupo considerable de aplicaciones, a los que hay que añadir los que tradicionalmente han venido utilizando más estas tecnologías (incluso en su acepción más amplia) como son el militar, la manufactura y mantenimiento automovilístico y aeronáutico así como el entrenamiento de habilidades y destrezas ( Fundación Telefónica, 2011, pág. 30).

En este contexto, el campo de la realidad aumentada es tan extenso, que solo está limitada por la imaginación de sus usos, ya que complementar nuevas perspectivas del mundo, puede ser muy favorable para la comercialización de productos.

### 2.2.7. Herramientas para el desarrollo de la RA.

En la Tabla 1, se visualizan las diferentes herramientas que permiten la creación de RA, en la cual se especifican la funcionalidad y característica de cada uno.

**Tabla 1:** Cuadro comparativo de diferentes herramientas para el desarrollo de la RA

DESCRIPCIÓN					
ARive	Atomic	BuildAR	Cuadernia	DART	Aumentaty Author
Es un <i>software</i> de RA, intuitivo, simple y gratuito. Se usa por medio de una cámara web. Básicamente, muestran diferentes modelos 3D en escala, insertados en la escena real que captura la cámara.	Es un software de escritorio, multiplataforma, para la creación de aplicaciones de RA, el cual es una capa más amigable de la biblioteca ARToolKit. Permite crear escenas de AR y también animaciones.	Es una aplicación de escritorio que permite la creación y visualización de contenido AR. Consta de dos componentes, por un lado, el editor de escenas, y por el otro, <i>BuildAR Viewer</i> , que permite la visualización de escenas creadas con el editor.	Es una aplicación para la creación de libros digitales con contenido multimedia que incorpora plantillas para añadir contenido RA. Es gratuita y esta fundamentalmente orientada a la comunidad educativa.	Es un sistema de programación que ayuda a los diseñadores a visualizar la mezcla de los objetos reales y virtuales. Proporciona un conjunto de herramientas para los diseñadores: extensiones para el Macromedia Director (herramienta para crear juegos, simulaciones y aplicaciones multimedia) que permiten coordinar objetos en 3D, vídeo, sonido e información de seguimiento de objetos de realidad aumentada.	Es una herramienta muy básica para comenzar a incursionar, en la programación de la realidad aumentada

**Elaboración:** Raquel Lanche

En la Tabla 2 se muestra una escala de calificación, la cual será usada para definir cuál de las aplicaciones posee características más beneficiosas y relevantes para la aplicación.

**Tabla 2:** Escala de calificación.

Descripción	Calificación
Muy débil	1
Débil	2
Medio	3
Alto	4
Muy alto	5

**Elaboración:** Raquel Lanche

En la Tabla 3 se detalla las características de las aplicaciones en base a la escala de calificación antes presentada.

**Tabla 3:** Escala de calificación según características para las herramientas de desarrollo.

Descripción	ARive	Atomic	BuildAR	Cuadernia	DART	Aumentaty Author
Integración con lenguajes de programación	2	2	3	1	1	2
Acceso gratuito	3	3	5	2	2	1
Compatibilidad con otras aplicaciones	4	2	4	2	1	5
Manual y tutoriales	3	1	4	1	2	4
Conocimientos previos	3	4	1	2	4	5
Cámara	5	4	5	3	4	5

**Elaboración:** Raquel Lanche

En la Tabla 3 que observa que el BuildAR sobresale a lo referente a conocimientos previos y al acceso gratuito, debido a que esta herramienta fue hecha para que el usuario pueda usarla sin necesidad de ser un programador o desarrollador, además, es un *OpenSource* y tiene un entorno amigable para el usuario, por otra parte, tiene gran compatibilidad en diferentes sistemas operativos y cámaras.

### 2.2.8. Librerías y SDK para realidad aumentada.

En la Tabla 4, se muestran las diferentes librerías hechas especialmente para configurar la cámara o visor, y así, obtener los parámetros para la visualización de la realidad aumentada.

**Tabla 4:** Cuadro comparativo de diferentes librerías y SDK de realidad aumentada

DESCRIPCIÓN					
ARToolKit	Vuforia	3D Augmented Reality	Layar	Mobile AR Development Kit	DroidAR
Es una librería que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada, en las que se sobrepone imágenes virtuales al mundo real.	SDK de <i>Qualcomm</i> para diseñar aplicaciones que utilicen realidad aumentada tanto en iOS como en Android. Además, es compatible con el <i>framework</i> de desarrollo de Unity 3D.	SDK para mostrar animaciones y modelos 3D en dispositivos móviles utilizando realidad aumentada.	SDK que se actualiza bastante a menudo y con un amplio rango de características para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada.	API para creación de aplicaciones de realidad aumentada tanto para iOS como para Android.	<i>Framework</i> de desarrollo para Android de aplicaciones de realidad aumentada

**Elaboración:** Raquel Lanche

En la Tabla 5 se detalla las características de las librerías y SDK en base a la escala de calificación antes presentada.

**Tabla 5:** Escala de calificación según características para las librerías y SDK.

Descripción	ARToolKit	Vuforia	3D Augmented Reality	Layar	Mobile AR Development Kit	DroidAR
Integración con lenguajes de programación	5	3	2	5	4	2
Acceso gratuito	5	2	2	2	4	2
Compatibilidad con otras aplicaciones	4	2	3	4	2	4
Manual y tutoriales	5	1	2	5	2	3
Conocimientos previos	3	4	4	4	4	5
Cámara	5	5	3	5	4	5

**Elaboración:** Raquel Lanche

Las librerías y SDK usadas para la creación de la realidad aumentada poseen particularidades dependiendo las herramientas con las que se vayan a complementar. El ARToolKit en gran medida es la más utilizada. Además, de tener gran compatibilidad con la mayoría de aplicaciones debido a que es una de las primeras librerías desarrolladas para este ámbito. No obstante, gran cantidad de programadores han hecho manuales de uso y tutoriales accesibles para cualquier usuario, a pesar de ello, esta herramienta requiere conocimiento previo, considerando que utiliza lenguaje C como nativo.

### 2.2.9. Programas para la creación de escenas, botones y menús.

En la Tabla 6, se detallan varias herramientas para la creación de escenas, botones y menús, con lo cual se establece un ambiente para interacción de los objetos con el usuario

**Tabla 6:** Cuadro comparativo de diferentes herramientas para la creación de escenas, botones y menús.

DESCRIPCIÓN			
Unity 3D	Game Maker Studio	unReal Engine	Cry Engine
Es una herramienta que nos ayuda a desarrollar videojuegos para diversas plataformas mediante un editor y <i>scripting</i> para crear videojuegos con un acabado profesional.	Es una herramienta de desarrollo rápido de aplicaciones, basada en un lenguaje de programación interpretado y un kit de desarrollo de <i>software</i> (SDK) para desarrollar videojuegos	Es un motor de juego de PC y consolas creados por la compañía <i>Epic Games</i> . Implementado inicialmente en el <i>shooter</i> en primera persona.	Es un motor de juego creado por la empresa alemana desarrolladora de <i>software Crytek</i> , originalmente un motor de demostración para la empresa <i>Nvidia</i> , que al demostrar un gran potencial se implementa por primera vez en el videojuego <i>Far Cry</i> ,

**Elaboración:** Raquel Lanche



En la Tabla 7 se detalla las características de los programas para la creación de entornos, botones y menús en base a la escala de calificación antes presentada.

**Tabla 7:** Escala de calificación según características para los programas de creación de entornos, botones y menús.

Descripción	Unity	Game Maker Studio	unReal Engine	Cry Engine
Integración con lenguajes de programación	3	2	3	3
Acceso gratuito	4	2	3	4
Compatibilidad con otras aplicaciones	5	3	4	2
Manual y tutoriales	5	1	4	2
Conocimientos previos	5	4	4	5
Requerimiento de equipo	5	5	5	4

**Elaboración:** Raquel Lanche

La Tabla 7 muestra el detalle según una escala de calificación, cuál es el programa que se encuentra más la expectativa de su uso, siendo para este caso el Unity, sin embargo, esta aplicación es un macro para el diseño de entornos y personajes, lo cual implica que se necesitan conocimientos previos a su uso, además, su acceso no es del todo gratuito si se quiere tener todos los módulos para el desarrollo, por otra parte, este programa posee tutoriales y manuales hechos por Unity, con lo que se tiene una gran ventaja con respecto a otras herramientas, también posee una gran compatibilidad con diferentes programas de renderizado, lo que lo hace tener una cantidad de plantillas pre programadas a disponibilidad. El Unity es gratuito en sus módulos principales y usa Java y C como lenguajes principales.

### 2.2.10. Programas para la creación de objetos 3D, imágenes y renderizado.

En la Tabla 8, se observan varios programas profesionales para la edición y creación de objetos en 3D, imágenes y para realizar el renderizado de los materiales para la aplicación.

**Tabla 8:** Cuadro comparativo de diferentes herramientas para la creación de objetos en 3D, imágenes y renderizados.

DESCRIPCIÓN				
3D Max	Sketchup Pro	MentalRay	Blender	Mesh Lab
Es un programa creado principalmente para la animación y diseño de objetos 3D. Esta herramienta solida es considerada uno de los más utilizados en su ámbito.	Es un software de modelado 3D que permite modelar en 3D de edificios, paisajes, escenarios, mobiliario, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante. Diseñado con el objetivo de que pudiera usarse de una manera intuitiva y flexible.	Es un motor de renderizado, desarrollado por <i>Mental images</i> en Berlín (Alemania). Es uno de los pocos motores desarrollados en Europa que compiten con los desarrollados en EEUU Y Canadá. Su competencia directa es <i>Renderman</i> .	Es un programa gratuito en el que se pueden realizar modelados, animaciones y renderizado de imágenes. Las herramientas que posee son amplias y fácil de usar.	Es <i>open source</i> , con licencia GPL, portable, extensible, implementado para diversos sistemas operativos, escrito en C/C++, y desarrollado por el ISTI – CNR. Las extensiones de <i>MeshLab</i> son basadas en <i>plugins</i> ; pero es posible modificar el código

**Elaboración:** Raquel Lanche

En la Tabla 9 se detalla las características de los programas para la creación de objetos 3D, imágenes y renderizado en base a la escala de calificación antes presentada.

**Tabla 9:** Escala de calificación según características para los programas de creación de objetos 3D, imágenes y renderizado.

Descripción	3D Max	Sketchup Pro	MentalRay	Blender	Mesh Lab
Integración con lenguajes de programación	3	2	1	1	1
Acceso gratuito	1	3	2	2	2
Compatibilidad con otras aplicaciones	4	5	3	4	3
Manual y tutoriales	4	5	3	4	4
Conocimientos previos	5	5	4	4	4
Requerimiento de Equipo	5	5	5	5	5

**Elaboración:** Raquel Lanche

La aplicación presentada debe tener compatibilidad con cada una de las herramientas a utilizar, debido a que los programas deberán guiarse con base a una extensión usada. El Sketchup Pro es una herramienta creada por Google que posee gran compatibilidad, tomando en cuenta los formatos que utiliza, además, es de acceso gratuito en muchos de sus módulos, tiene manuales y tutoriales accesibles para el usuario, asimismo, la aplicación posee un entorno de desarrollo bastante amigable para usuario.

### **2.3. Análisis de las herramientas a utilizar.**

Analizando las diferentes aplicaciones para la creación y diseño de la realidad aumentada, se estableció que las mejores para el desarrollo del proyecto son: Unity, para la creación de escena, modelos y materiales de los objetos; Microsoft Visual Studio para la programación de los objetos usando C++ y Java; ARToolKit el cual proporciona en sus paquetes todos los algoritmos para la adaptación de la cámara y creación de RA a través del computador, Sketchup Pro para la creación y renderizado de los objetos, y por último el paquete de extensión OpenCV para la identificación facial, este paquete viene incluido en las librerías de Unity. Las herramientas elegidas son compatibles por lo cual no se necesitan de paquetes ni configuraciones complementarias.

### **2.4. Herramientas para el desarrollo de la solución.**

Para el siguiente segmento se definen todas las herramientas que se usaran para el desarrollo de la solución, extrayendo todo el material necesario para el conocimiento de cada una de ellas, teniendo en cuenta sus particularidades, características, funcionamiento y estructura que se usan para la creación de la realidad aumentada.

#### **2.4.1. Unity**

##### **2.4.1.1. Antecedentes.**

Unity es una aplicación creada por Unity Technologies la cual fue fundada en el 2004 por David Helgason (CEO<sup>2</sup>), Nicholas Francis (CCO<sup>3</sup>), y Joachim Ante (CTO<sup>4</sup>) en Copenhague, Dinamarca después de su primer juego, *GooBall*, que no obtuvo éxito. Los tres reconocieron el valor del motor y las herramientas de desarrollo y se dispuso a crear un motor que todos puedan usar a un precio asequible. Unity *Technologies* ha recibido financiación de la talla de *Sequoia Capital*, *Capital WestSummit* y *Socios iGlobe*. (Cerón & Bedoya, 2014)

##### **2.3.1.2 ¿Qué es Unity?**

Unity es un motor gráfico 3D que se usa para principalmente en el desarrollo juegos, aplicaciones interactivas, visualizaciones y animaciones en 3

---

<sup>2</sup> Consejero delegado o Director ejecutivo, es el máximo responsable de la gestión y dirección administrativa de la empresa

<sup>3</sup> Director de Operaciones, supervisa cómo está funcionando el sistema de creación y distribución de los productos

<sup>4</sup> Responsable técnico del desarrollo y el correcto funcionamiento de los sistemas de información desde el punto de vista de la ejecución

dimensiones. Unity tiene soporte multiplataforma, lo cual hace que se pueda desarrollar proyectos para PC, MAC, Play Station, Nintendo, y demás.

Se Puede crear cualquier juego en 2D o 3D con Unity, siendo sencillo, rapido y con un ambiente bastante agradable para el usuario. Así mismo, se puede desplegar con un solo clic a muchas plataformas por su alta compatibilidad. Además, se puede usar los servicios integrados de Unity para acelerar el proceso de desarrollo, optimizar el juego, conectarse con un público, y triunfar. (Unity3D, 2004)

#### **2.4.1.3. Aplicación del Unity.**

Para Cerón y Bedoya (2014), Unity es un editor visual con lo cual se pueden realizar diferentes tipos de juegos en él, todo el desarrollo de la aplicación se construye desde las herramientas del sistema, los objetos se programan usando un lenguaje de *script (JavaScript)*, por ello, no se necesitan tener amplios conocimientos C++ para poder crear o desarrollar juegos o animación con Unity.

Unity basa su estructura en la creación y manejo de escenas para el desarrollo de la aplicación que se desea, una escena, básicamente, es cualquier parte del juego o animación. Se inicia con un espacio sin ningún tipo en el cual se puede dar forma a todo lo que se desee crear usando las herramientas integradas en Unity.

Este motor de Unity incluye además un editor de terrenos, donde se puede esculpir la forma del terreno usando las herramientas visuales que ofrece Unity, se puede pintar, texturizar, añadir hierba, colocar árboles o similares, o inclusive se permite la importación de otros materiales provenientes de otros motores de desarrollo.

#### **2.4.1.4. Entorno del Unity.**

El editor de Unity es uno de los más sencillos y potentes del mercado. Se divide en 5 vistas principales:

- **Explorador:** Lista todos los elementos o *assets* de tus proyectos. Permite ordenar de forma sencilla la aplicación. En esta vista se encuentran las imágenes, escenas, *scripts*, audios, *prefabs*, texturas, atlas y todos los elementos que se pueden usar en el juego o aplicación.
- **Inspector:** Muestra y define las propiedades de los elementos de la aplicación. Además, da la opción de modificar diferentes valores como: posicionamiento en la escena, cambiar texturas arrastrando ficheros desde el explorador, añadir *scripts*, *prefabs*, etc.
- **Jerarquía:** Lista jerárquica de los objetos de la escena.
- **Escena:** Diseño y posición gráfica de los elementos de la escena.
- **Juego:** Visualizar el juego o aplicación a distintas resoluciones, como lo vería el usuario final.

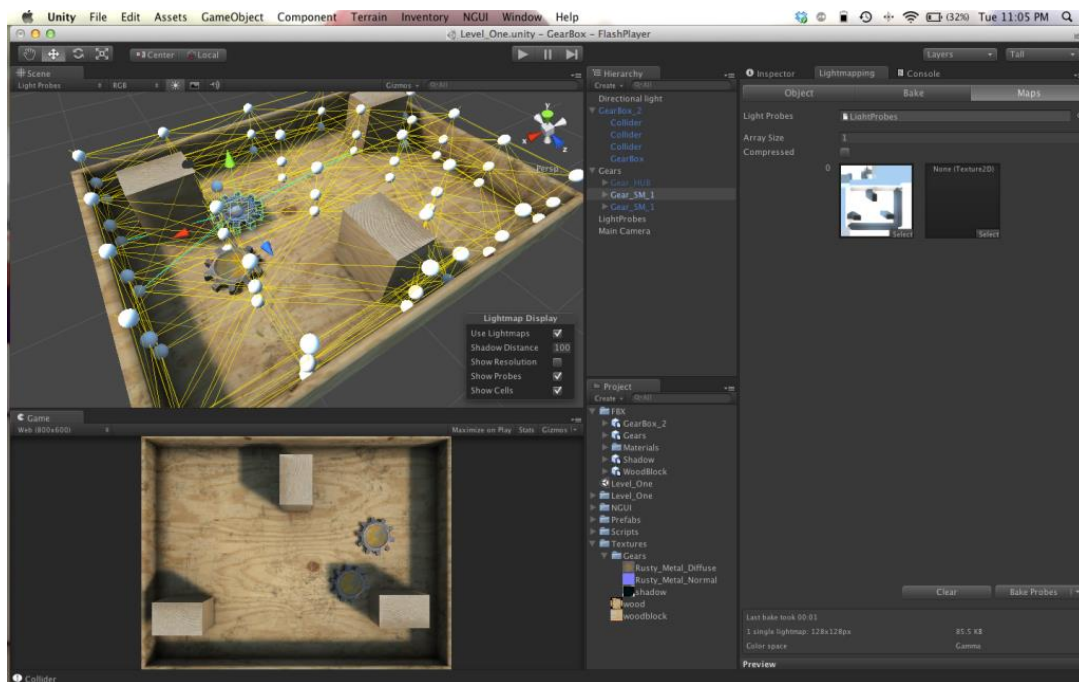


Figura 8: Entorno de desarrollo Unity 3D

Fuente: (Giner, 2015)

Elaborado Por: (Giner, 2015)

#### 2.4.2. ARToolKit.

Esta solución contiene una biblioteca que ayuda a la creación de realidad aumentada, en las que se superponen imágenes virtuales al mundo real (Cuzco, Guillermo y Peña, 2012). Siguiendo la misma línea según Wagner et al., (2003) contiene varios módulos tales como un procesador *VRML*, la

abstracción de la cámara y un propio código de seguimiento de ARToolKit que son combinables con las soluciones existentes para la gestión de dispositivos y gráficos; y que son de interés para la mayoría de desarrolladores.

Para Herrero (2013) el ARToolkit constituye un conjunto de librerías para C/C++ que sirven para la creación de aplicaciones de realidad aumentada. Para lo cual se proporciona una serie de funciones para la captura de video y para la búsqueda de ciertos patrones, en las imágenes capturadas, mediante técnicas de visión por el computador.

#### **2.4.1.2. Funcionamiento del ARToolKit.**

Para su funcionamiento se considera la necesidad de calcular el punto de vista de la cámara, y de esta manera, realizar las operaciones necesarias sobre los objetos virtuales, para que estos se articulen al mundo real. Es decir, que los objetos virtuales mostrados al usuario deben ser creíbles, por lo que se tienen que trabajar en transformaciones sobre estos de tal manera que el usuario vea a través de la cámara o dispositivo de captura, y así sean percibidos en el mundo real, como si verdaderamente estuviera allí.

Según Herrero (2013), para lograr esta visualización por el usuario se utilizan unas plantillas de forma cuadrada las cuales se denominan marcos, que están compuestas de un cuadrado negro con bordes; y un dibujo en el interior del cuadrado blanco. La aplicación mediante el uso de las librerías que proporciona el ARToolKit, reconoce la imagen y a través de ella se produce la realidad aumentada.



Figura 9: Plantilla de imágenes ARToolKit

Fuente: Herrero (2013)

Elaborado Por: Herrero (2013)

Las variantes que utiliza esta solución según (Cuzco et al., 2012) son:

- ATOMIC Authoring Tool
- ATOMIC Web Authoring Tool
- OSGART
- ARtag
- ARToolKitPro
- Studierstube Tracker
- FLARToolKit
- NyARToolkit
- ARDesktop
- AndAR
- ARToolKit Plus

#### **2.4.3. Lenguaje de programación C.**

Se describen las siguientes características:

- Núcleo de lenguaje simple
- Programación estructurada
- Lenguaje flexible



- Utiliza lenguaje de pre procesado
- Acceso a memoria de bajo nivel mediante uso de punteros
- Tipo de datos agregados

Para comprender de mejor manera este lenguaje de programación, es pertinente enfocarse en su estructura básica. Según lo ejemplifica Cuzco et al., (2012) de la siguiente manera:

```
#include <stdio.h>
main()
{
printf("Hola amigos!\n");
}
```

Visualizando el mensaje ¡Hola amigos! en el terminal. En la primera línea señala que se tome en cuenta las funciones y tipos definidos en la correspondiente librería. Estas definiciones están en el fichero *header stdio.h*. En la función *main* se incluye la sentencia que llama a la función *printf*. El símbolo `\n` indica un cambio de línea.

En la Figura 10, se muestra el funcionamiento básico de ARToolKit

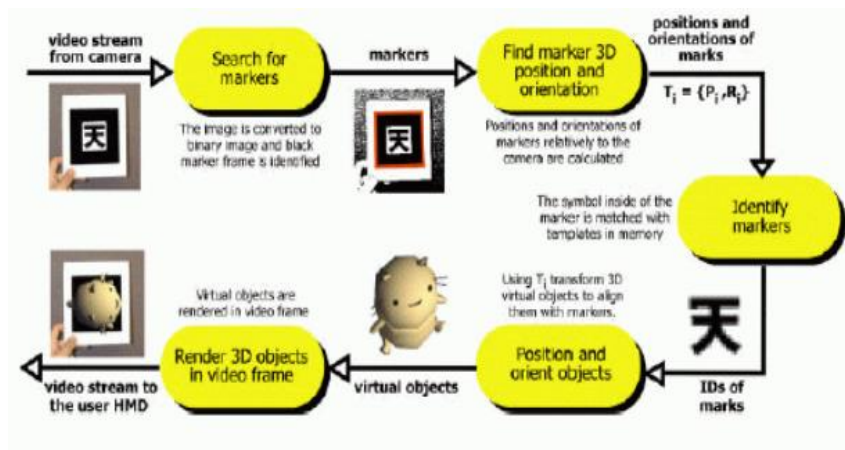


Figura 10: Diagrama de funcionamiento ARToolKit

Fuente: Herrero (2013)

Elaborado por: Herrero (2013)

#### 2.4.5. Sketchup Pro.

Google SketchUp es una aplicación que permite crear modelos de todo lo que se pueda imaginar de forma fácil, rápida y eficiente, es un *software* potente con herramientas intuitivas, que permite construir modelos desde ceros o descargar

lo que se necesite e igualmente compartirlo a través de la galería 3D, exportar una imagen, visualizarlo en Google *Earth*, hacer una película o imprimir una vista del modelo. Google SketchUp es utilizado en hogares, colegios, universidades y oficinas de todo el mundo, tanto por profesionales como por aficionados, se puede descargar de forma gratuita en seis idiomas y tiene más de 12.500 usuarios registrados. (Chopra, 2007)

#### 2.4.5.1. Aplicación del Sketchup Pro, imagen y renderizado.

Su principal característica es poder realizar diseños en 3D de forma sencilla. Este programa posee la opción de un tutorial libre para comenzar a usar la aplicación. Este conceptualiza y modela imágenes en 3D de diferentes modelos como: edificios, coches, personas y cualquier objeto o artículo que imagine la persona, además el programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar.

Además, SketchUp es una herramienta de software de 3D extremadamente potente que combina un sólido conjunto de paquetes con un sistema de dibujo inteligente que simplifican el diseño 3D, por otra parte, permite situar los modelos usando coordenadas reales y compartirlos en todo el mundo a través de la de Google.

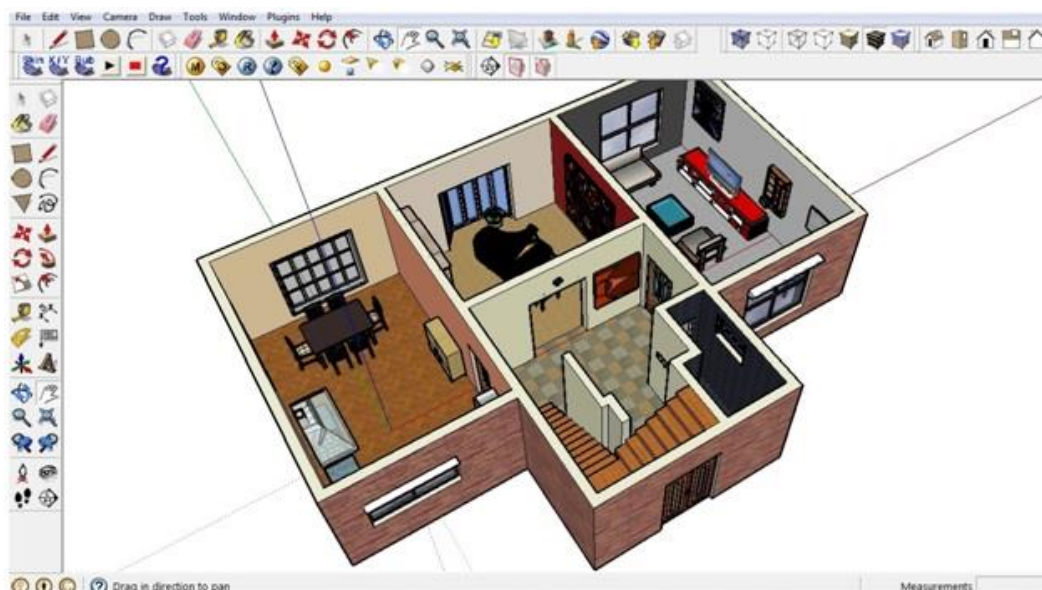


Figura 11: Modelo casa Sketchup

Fuente: (houseplanshelper, 2012)

#### 2.4.6. Librerías Open CV.

Constituye una biblioteca libre desarrollada específicamente para procesar imágenes en tiempo real, tiene la finalidad de acelerar los procesos de visión, esto se alcanza utilizando algoritmos, optimizándolos para el desarrollo de aplicaciones. Su licencia es BSD, que puede ser usada libremente, para usos comerciales y de investigación (Mafla et al., 2014).

Según Mafla et al. (2014) entre sus principales aplicaciones se tiene:

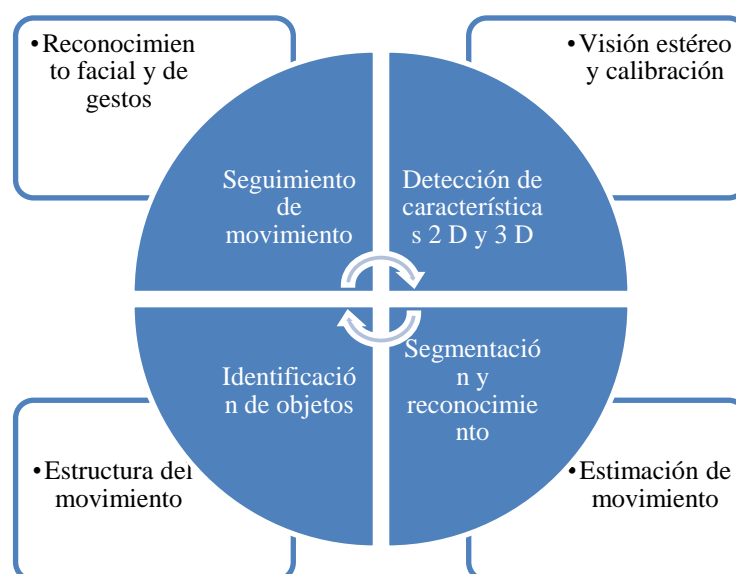


Figura 12: Aplicaciones OpenCV

Fuente: Mafla y Ortiz (2014)

Elaborado por: Raquel Lanche

OpenCV es compatible con plataformas como: Java, C# o Ruby.

##### 2.4.6.1. Reconocimiento de patrones y metodologías.

Se consideran para el reconocimiento de patrones tres fases:

- Segmentación de la imagen
- Extracción de características
- Clasificación del objeto

Con ello, según Mafla y Ortiz (2014) se pueden considerar tres metodologías básicas que son: matemáticas, heurísticas y lingüísticas.

Para el procesamiento de colores, se conoce dos casos: el primero se adquieren imágenes con un sensor de color (procesamiento de color); y el segundo se asigna un color a un rango de intensidades monocromáticas (procesamiento pseudo-color).

Arévalo (2013) sostiene que la librería OpenCV es una aplicación que constituye aproximadamente 300 funciones escritas en lenguaje C que tienen las siguientes características:

- Uso libre (comercial o no).
- No utiliza librerías numéricas externas, pudiendo hacer uso de alguna, si están disponibles al ejecutar la aplicación.
- Es compatible con: *The Intel Processing Library (IPL)* utilizando *The Intel Integrated Performance Primitives (IPP)* para optimizar su rendimiento.
- Disponible en interfaces para otros lenguajes y entornos como: *EiC* – intérprete *ANSI C* y *CvEnv; Ch* – intérprete *ANSI C/C++* creado y soportado por *SoftIntegration; Matlab*, etc.

#### 2.4.6.2. Estructura de las librerías OpenCV.

Se fundamenta a la visión por computador en tiempo real, destacando áreas de acción como: interacción hombre – máquina (*HCI*), reconocimiento de objetos, gestos; seguimiento del movimiento, etc.

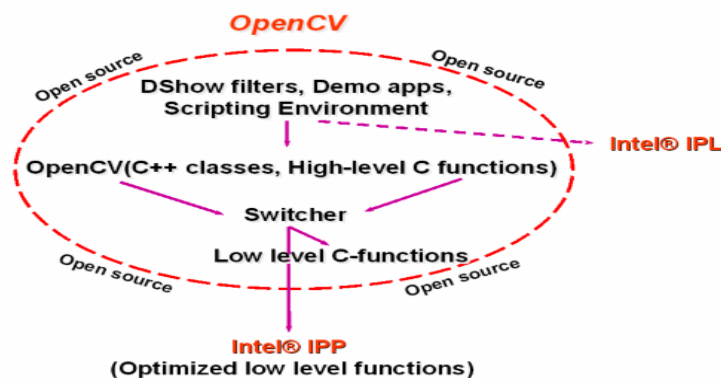


Figura 13: Estructura de la librería OpenCV

Fuente: (Arévalo, 2013)

En la Figura 13, se muestran algunas características que muestra la librería OpenCV, en donde se observa los elementos de alto nivel, que facilitan el trabajo del usuario, proporcionando tareas como: calibración de la cámara, seguidores de objetos (Arévalo, 2013).

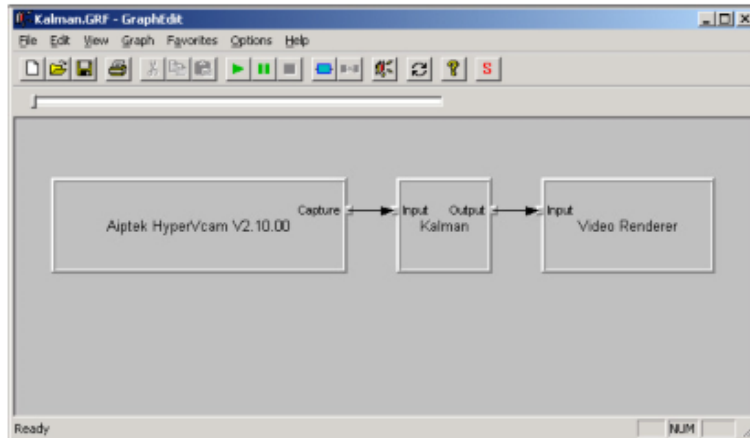


Figura 14: Seguidor de caras realizado con un filtro de Kalman

Fuente: (Arévalo, 2013)

Elaborado por: (Arévalo, 2013)



Figura 15: Salida del seguidor de caras realizado con un filtro de *Kalman*

Fuente: (Arévalo, 2013)

Elaborado por: (Arévalo, 2013)

## 2.4.7. Algoritmos usados para la realidad aumentada.

### 2.4.7.1 Algoritmos básicos de coincidencia de colores.

- Color de interés (CI);  $CI = (r_0, g_0, b_0)$

- Umbral (K) para la distancia entre los colores del mapa de *bits* y el color de interés
- Cálculo para cada píxel de la imagen
- En donde, se extrae el color (C) de cada píxel
- Cálculo de la distancia (D)  $D(C, C_i)$ , considerando los siguientes parámetros:
- Si  $D < K$  = blanco
- Si  $D > K$  = negro

#### **2.4.7.2. Algoritmo básico de correlación cruzada.**

Se orienta a calcular la similitud entre dos señales, teniendo el siguiente proceso:

- Obtención de la imagen
- La imagen se divide en celdas (áreas de interrogación)
- Cálculo del campo de correlación para cada celda
- La máxima correlación corresponde al desplazamiento
- Con el desplazamiento se conoce la longitud del vector

#### **2.4.7.3. Algoritmo básico de reconocimiento óptico de caracteres (OCR).**

Se distinguen cuatro etapas que son:

- Binarización. - Se debe partir de una imagen de dos colores, puesto que este tipo de imágenes permite resaltar las características de la imagen.
- Segmentación. - Permite descomponer el texto en diferentes entidades lógicas, para ello existen métodos de segmentación como: explícitos, implícitos e implícitos y exhaustivos.
- Adelgazamiento de los componentes. - Borrar los puntos de los contornos de forma, manteniendo su tipología.
- Comparación con patrones. - Se comparan los caracteres obtenidos con patrones o plantillas.

#### 2.4.7.4. Algoritmo de reconocimiento de imágenes.

Para Aguarrebere (2006) existen varios algoritmos que permiten reconocer imágenes, pero los más utilizados en reconocimiento de patrones son:

- **Principal components Analysis (PCA).** - Técnica de proyección en un sub-espacio para el reconocimiento de imágenes.
- **Independent Component Analysis (ICA).** - Este algoritmo tiene como propósito descomponer la imagen en una combinación lineal de fuentes independientes.
- **Linear Discriminant Analysis (LDA).** - Tienen como finalidad obtener una proyección de datos de menor o igual espacio en comparación a las dimensiones de los datos de entrada.

#### 2.5. Procesamiento y reconocimiento de la imagen

El reconocimiento de objetos es un campo que ha crecido mucho durante los últimos años. Además, se han desarrollado técnicas cuyo objetivo es modificar la imagen para mejorarla o extraer información de ella. Orientados al reconocimiento de imágenes, existen diferentes tipos de algoritmos (descriptores) que generan vectores de características que describen las imágenes desde un punto de vista diferente en cuanto a propiedades visuales (color, textura, forma, etc.).

En cuanto a descriptores para referir imágenes, existe una gran variedad de algoritmos, algunos de ellos son:

- **Scale-invariant feature transform (SIFT):** Es un descriptor de características locales, el cual basa su descripción en localizar puntos clave (regiones de la imagen) que son invariantes a la traslación, rotación o re-escalamiento que se podría realizar sobre las imágenes.
- **Speeded-Up Robust (SURF):** Es un algoritmo rápido para la detección y descripción de puntos relevantes de la imagen que son invariantes a la rotación. A diferencia de otros algoritmos que exploran características similares, este es un algoritmo robusto y rápido, SURF.

- ***Border/Interior Pixel Classification (BIC)***: La idea principal de este descriptor es realizar una clasificación de cada pixel de la imagen como borde o interior. Es un método simple y rápido que se basa en la cuantificación de los pixeles de las imágenes y luego cada uno de los pixeles es clasificado como borde o interior según los colores de sus vecinos más cercanos.
  
- ***Color Autocorrelogram (ACC)***: Este algoritmo analiza la correlación espacial de los colores a diferentes distancias. Se caracteriza por ser un descriptor eficaz, eficiente, rápido y genera un vector de características relativamente pequeño. La idea básica es trabajar sobre la probabilidad de encontrar un pixel de color “x” a partir de un pixel de color y a una cierta distancia “d”. Este descriptor a diferencia de los histogramas de color tradicionales, considera la correlación espacial local de color y también la distribución global de la correlación espacial de la imagen.
  
- ***Color Coherence Vector (CCV)***: Este descriptor considera información espacial de la imagen y clasifica cada pixel como coherente o incoherente. A diferencia de los histogramas de color, en el CCV cada pixel es clasificado considerando si pertenece o no a una región continua de colores similares que conforman un componente conectado. Con esto, se evita el problema de los histogramas de color, en los cuales, imágenes con apariencias diferentes pueden obtener histogramas de color similares.
  
- ***Quantized Compound Change Histogram (QCCH)***: Es un descriptor que usa a los vecinos de cada pixel para obtener información sobre la textura de la imagen. Este algoritmo es independiente de la traslación y rotación de la imagen, se basa en el uso de una ventana cuadrada (con un tamaño y ubicación predefinido) para buscar cambios del color gris en toda la imagen. Para esto, se analiza a sus vecinos en 4 sentidos diferentes (horizontal, vertical, diagonal y anti-diagonal).
  
- ***Local binary patterns (LBP)***: Es un descriptor de textura simple y robusta a variaciones en imágenes en escala de grises. La idea general



del algoritmo *LBP* es dividir la imagen en celdas, y para cada celda definir un número de pixeles vecinos ubicados dentro de un círculo de radio  $R$ . Luego, se va analizando cada pixel vecino, si el valor del pixel central (origen del círculo) es mayor que el pixel vecino, entonces, se le asigna el valor de "0", caso contrario "1".

Por otro lado, en el proceso de reconocimiento de objetos existen varios algoritmos para problemas de clasificación multiclase como Máquinas de Vectores de Soporte (*SVM*), Redes neuronales, árboles de decisión,  $k$ -vecinos más cercanos, redes bayesianas. Los algoritmos *SVM* y Redes neuronales son los más utilizados y que mejores resultados han dado en problemas de reconocimiento.

- **El algoritmo *SVM*:** Es uno de los algoritmos más utilizados y con mejores resultados en las tareas de reconocimiento de objetos, tiene como idea general trazar hiperplanos para separar las instancias de las clases. La función del objetivo de este algoritmo es convexa, es decir, todo óptimo local es también óptimo global. Además, es un algoritmo binario, que para resolver problemas multiclase utiliza técnicas como uno-contra-todos o uno-contra-uno.

## 2.6. Selección del algoritmo óptimo

Para el reconocimiento de los artículos de la tienda, se seleccionará entre los algoritmos antes señalados:

- Máquinas de vectores de soporte (*SVM*)
- Redes Neuronales

Además, tanto para la selección de los algoritmos para describir las imágenes como para el reconocimiento de las mismas, se realizará un análisis comparativo tomando en consideración el estado del arte, aplicaciones orientadas a problemas similares al propuesto en esta investigación y los recursos tecnológicos con los que se cuenta para el desarrollo del presente proyecto.

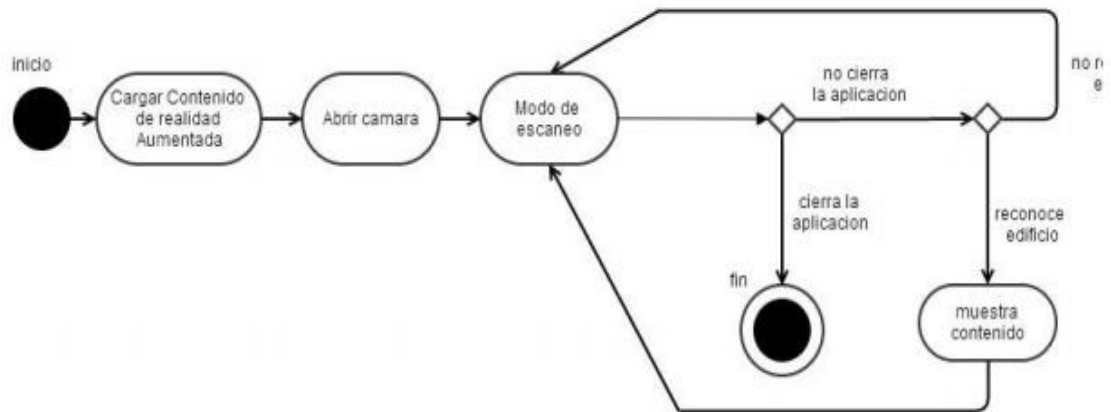


Figura 16: Diagrama UML base

Fuente: Alburez; Monzón; Pinelo; Porres y Rodas (2013)

Elaborado por: Fuente: Alburez; Monzón; Pinelo; Porres y Rodas (2013)

**CAPITULO III. TÉCNICAS DE REALIDAD AUMENTADA Y DISPOSITIVOS  
APLICABLES**

### **3.1. Técnicas de realidad aumentada**

Las técnicas de la realidad aumentada preparan datos generados por un ordenador con contenidos del mundo real. Para ello se enfoca la cámara de ciertos aparatos sobre la porción de realidad que se quiere ver aumentada. No se trata de pulsar un botón y ver automáticamente la RA. Se necesitan ciertas condiciones para ello. Los dispositivos deben contener los programas capaces de generar esta nueva realidad, es decir, contar con aplicaciones desarrolladas y configuradas en nuestro equipo.

Sin embargo, estas aplicaciones son un cumulo de programas instalados, los cuales son compatibles entre sí, y por medio de la programación lógica de cada una de las herramientas se puede obtener la RA en el entorno que se quiere. Entonces, se tiene que conocer cómo se realiza esta programación lógica para cada una de las aplicaciones usadas.

#### **3.1.1. Aplicación del ARToolKit a la RA**

En el mundo de hoy, las expectativas del usuario han aumentado con respecto a la tecnología y las nuevas tendencias, por lo cual, ya todo se requiere automatizado y lo más funcional posible, por ende, muchos sectores de la industria han optado por aumentar su repertorio tecnológico, en cualquier local actual se utilizan computadoras, puertas automáticas, alarmas, avisos electrónicos, entre otros. Lo más normal actualmente es que una persona tenga algún dispositivo electrónico, ya sea un celular, tablet, agenda electrónica o computadora, en fin, cualquier persona busca tener internet, ya que es algo primordial y una herramienta muy útil.

La realidad aumentada es una de las tecnologías con las cuales el mundo gozara en un futuro con mayor simplicidad y frecuencia, ya lo vemos con *pokemon GO*, el cual es una aplicación para Android que muestra una realidad aumentada en la que el usuario goza de la manifestación de criaturas al azar por medio del GPS, básicamente, es una aplicación que da la oportunidad de una nueva experiencia, al involucrar la realidad con lo virtual a través del desarrollo de la realidad virtual, conocido como realidad aumentada.

Si aplicamos un método similar para realizar variaciones se puede obtener una propuesta para el estudio planteado, la cual se fundamenta en la realidad aumentada por medio de una pantalla-cámara la cual mostrará un cambio en los artículos que posee en la realidad, mostrando la imagen virtual-real de los clientes con los artículos deportivos que desean, de esta manera se buscaría satisfacer los requerimientos de los consumidores frente a estos implementos; y ahorrar tiempo al momento de la compra. Actualmente, existen muchas empresas que utilizan esta opción para mostrar sus virtudes y uso práctico para sus procedimientos, tal es el caso de: museos, la medicina, la milicia, la publicidad, el entretenimiento, entre otros.

El alcance de esta herramienta es prácticamente la mente humana, es un *Open-source* que se va desarrollando con el tiempo, las librerías que podrían crearse son ilimitadas, los algoritmos que pueden implementarse son millones, todo depende de la evolución que tenga la herramienta.

Para comenzar el uso del RA e implementarlo con el ARToolkit se necesita contar con herramientas adecuadas, entre ellas están:

- **Dispositivo:** Se requiere cualquier dispositivo electrónico, que permita ejecutar la aplicación o software de RA, pudiendo ser: computador, Tablet, Smartphone, etc.
- **Pantalla:** Es la herramienta con la cual se podrá ver o reflejar la aplicación; y evidenciar si se está apreciando la RA.
- **Cámara Web:** Es aquella que da la información de lo real y la suministra a la aplicación o *software* de RA.
- **Software:** Son todos aquellos programas, bibliotecas y paquetes que van a interpretar la información suministrada, y de una manera lógica los va a reunir y provocara una salida de datos tipo RA. Entre ellos tenemos:
  - ARToolKit v5.3.2rl
  - Visual Studio
  - Unity.
  - ARUnity v5-5.3.2 tools

- Sketchup Pro
  
- **Marcadores:** Son aquellos que trabajan directamente con el *software* haciendo posible el reconocimiento del mapa, y que el sistema de una interpretación, básicamente son símbolos o marcas, que el *software* reconoce y da una respuesta la cual puede ser un texto, un video, una imagen, etc. Estos marcos pueden ser creados o diseños de acuerdo a la preferencia del desarrollador, siempre que sean adaptados a la aplicación.

### 3.1.2. Características de RA relacionadas con implementos deportivos

Los modelos que usan para vestir prendas o promocionarlas en la web o en revistas no son completamente realistas, y a la hora de decidir si se adquiere algo o no, son los principales argumentos para decidir, básicamente, se vislumbra a personas muy delgadas y con figuras trabajadas, motivo por el cual, la vestimenta promocionada se observa de muy buena forma, consecuentemente la persona prefiere comprar la ropa directamente en la tienda. Sin embargo, muchas tiendas y marcas están ofreciendo servicio virtual los cuales utilizan el RA, para que el cliente pueda probarse los artículos y ver si le agrada o no.

Actualmente, ya hay muchas personas que usan este tipo de idea para su negocio como la empresa *Urban Research* en Tokio, la cual han usado un modelo para presentar su nuevo probador de ropa con realidad aumentada. El almacén presentó la máquina para cambiar las prendas de los usuarios virtualmente y tiene previsto instalar otra en Taiwán.

MarketingDirecto (2011) señala que la marca británica de moda *Topshop* ha decidido hacer realidad las fantasías de muchos de sus clientes con *Topshop Kinect*, una herramienta de realidad aumentada que permite al usuario probarse diferentes prendas de ropa sin necesidad de pasar por el probador "real". *Topshop* ha diseñado este "probador virtual" en colaboración con la agencia rusa AR Door. *Topshop Kinect*, que fue presentado hace un tiempo en una tienda de Moscú.

Las cámaras instaladas en estos “probadores virtuales” escanean el cuerpo del cliente para que la prenda se ajuste a su figura. Para probarse los diferentes modelos, el usuario debe hacer simplemente varios gestos con las manos.

### 3.1.3. Algoritmos aplicados en la realidad aumentada

La Realidad Aumentada plantea dos definiciones: superposición de objetos y entorno real. La RA se basa en combinar estos dos términos, cuando la superposición de dichos objetos estos son colocados dentro de la imagen capturada en tiempo real: al momento de obtenerse la imagen, el objeto virtual aparece como si fuese un objeto más en el ambiente, logrando la combinación de elementos virtuales y reales. Estos procesos se definen matemáticamente con algoritmos, dando un desarrollo para cada suceso y obteniendo una respuesta por cada uno.

### 3.1.4. Algoritmos de reconocimiento de objeto.

La identificación o reconocimiento de objetos en tiempo real es uno de los principales argumentos para la aplicación de RA. Es de mucha utilidad para los diferentes campos de aplicación ya que se puede desplegar información de manera virtual a los clientes de una tienda de ropa deportiva a través de un dispositivo electrónico. El algoritmo de reconocimiento de objetos se basa en:

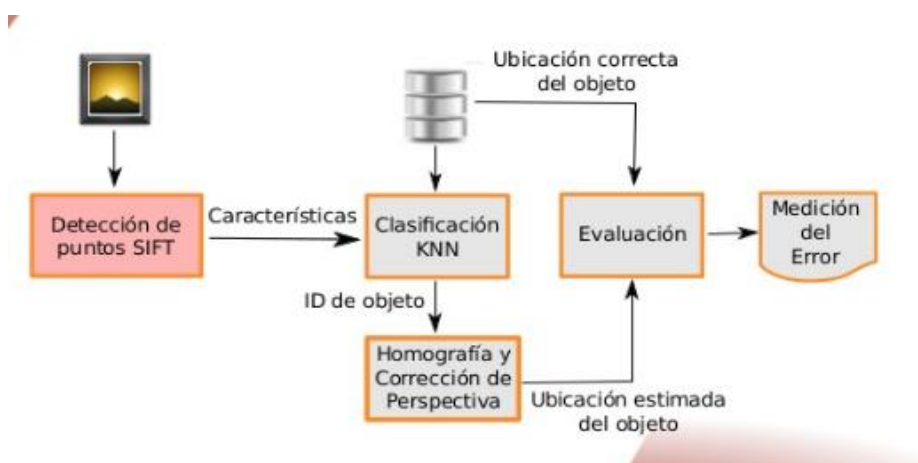


Figura 17: Algoritmo del Proceso de reconocimiento de objetos

Fuente: (Canul, 2013).

Elaborado por: (Canul, 2013).

#### **3.1.4.1. Scale Invariant Feature Transform (SIFT)**

Es un algoritmo que fue desarrollada por David Lowe y sus estudiantes en 1999; esta metodología está dividida en tres fases que son: detección de puntos extremos en el espacio de escalas, localización de los puntos característicos, asignación de orientación dominante y algoritmo de reconocimiento de objetos en escenas complejas para aplicaciones de realidad aumentada (Canul, 2013, pág. 12).

El algoritmo se divide en 4 partes para su determinación:

- Detección de Pirámides de *Scale-Space*.
- Determinación de los puntos clave.
- Determinar la orientación de los puntos clave.
- Descripción de las características *SIFT*.

#### **3.1.4.2. Speeded Up Robust Features (SURF)**

Este algoritmo detecta los puntos de interés y los describe robustamente, fue desarrollado por Herbert Bay (2006), es capaz de realizar tareas de visión por computador como el reconocimiento de objetos o la reconstrucción 3D. Basándose en parte a la lógica usada en el algoritmo descriptor *SIFT*, sin embargo, los autores de *SURF* aclaman que es más robusto ya que simplifica la complejidad o sustituye gran parte de los cálculos por otros más simples, 59 prestando especial atención en acelerar el procedimiento de cálculo notablemente, sin causar disminución de rendimiento y firmeza frente a los cambios que pueda llegar a presentar un *frame* o imagen. Además de conseguir puntos de interés con características invariantes (Cifuentes, 2014, pág. 58).

Se divide en 4 procedimientos:

- Localización de puntos de interés
- Asignación de la orientación
- Creación del descriptor
- *Matching* entre puntos clave



### 3.1.4.3. Features from Accelerated Segment Test (FAST)

Según Rosten, Porter y Drummond (2006) citado en Cifuentes (2014) señalan que, el criterio de este algoritmo funciona tomando en cuenta un círculo de 16 píxeles alrededor de un píxel candidato denominado  $p$ , también indican que el píxel  $p$  será considerado un punto de interés solamente si existen al menos un conjunto de  $n$  píxeles contiguos en el círculo que tengan una intensidad mayor que la intensidad del píxel candidato más un umbral  $t$  y si existen al menos un conjunto de  $n$  píxeles contiguos en el círculo que tengan una intensidad menor que la intensidad del píxel candidato menos el umbral  $t$ .

Hay algunas limitaciones que presenta este algoritmo, dentro de las cuales se puede mencionar en primer lugar: para el conjunto de píxeles  $n < 12$ , el algoritmo no funciona muy bien en todos los casos porque cuando  $n < 12$  el número de puntos de interés detectados es muy alto; en segundo lugar, el orden en que se consultan los píxeles determina la velocidad del algoritmo. (Cifuentes, 2014, pág. 68)

Tomando en cuenta las limitaciones antes mencionadas se destacan dos algoritmos que trabajan con el *FAST* para mejorar el desarrollo.

$$C(x, y) = \max\left(\sum_{j \in S_{\text{bright}}} |I_{p \rightarrow j} - I_p| - t, \sum_{j \in S_{\text{dark}}} |I_p - I_{p \rightarrow j}| - t\right)$$

Dónde:

$I_p$ : Intensidad del píxel

$I_p + t$ : Más brillantes

$I_p - t$ : Más oscuros

### 3.1.4.4. Enfoque de aprendizaje automático

Es un algoritmo que primero selecciona varias de imágenes, para luego en cada imagen ejecutar el algoritmo *FAST*, que permite obtener los puntos de interés eligiendo un píxel a la vez y evaluando todos los 16 píxeles en el círculo.

### 3.1.4.5. Supresión no máxima para la eliminación de esquinas adyacentes

Este algoritmo sirve básicamente para tratar la detección de múltiples puntos de interés adyacentes entre sí, primero se consideran dos puntos de interés

adyacentes, comparar sus valores  $V$ , donde “ $V$ ” es la suma de la diferencia absoluta entre los píxeles en el arco contiguos y el píxel del centro.

#### 3.1.4.6. Random Sample Consensus (RANSAC)

Según Fischler y Bolles (2004) citado por Cifuentes (2014) el algoritmo de consenso de muestra aleatoria por sus siglas en inglés (*RANSAC*) es un método estándar muy robusto y se utiliza básicamente para eliminar gran cantidad de correspondencia erróneas entre marcas visuales en el espacio de la imagen, el cual produce un resultado correcto solo con una probabilidad dada; misma que se incrementa con el aumento de iteraciones permitidas (pág.72).

La secuencia de pasos del algoritmo *RANSAC* es la siguiente:

- Seleccionar aleatoriamente un conjunto de  $N$  datos, donde  $N$  es el número mínimo de datos para ajustar el modelo.
- Determinar los parámetros del modelo que se ajustan al conjunto de los  $N$  datos.
- Buscar todos los datos que estén dentro de un umbral de tolerancia  $T$ , es decir que sean compatibles con el modelo estimado (*Inliers*).
- Si el número de lineal es menor que  $T$ , entonces descartar el intento y seleccionamos un nuevo subconjunto para repetir los pasos anteriores.
- Si no, volver a ajustar el modelo con todos los *Inliers* y estimar el error de ajuste.
- Finalmente, seleccionar el modelo con el menor error de ajuste.

#### 3.1.4.7. K - Nearest Neighbour (KNN)

Este algoritmo se basa en que el nuevo objeto se va clasificar dentro de la clase más común de sus  $K$  vecinos próximos, básicamente lo que hace es estimar una densidad  $F(x/C_j)$  que predice el valor  $x$  para la clase  $C_j$ .

La regla de clasificación por vecindad más general es la regla de clasificación de los  $k$  vecinos más cercanos o simplemente  $k$ -NN. Se basa en la suposición de que los prototipos más cercana tienen una probabilidad a posteriori similar. Si  $K_i(X)$  es el número de muestras de la clase presentes en los  $k$  vecinos más próximos a  $X$ , esta regla puede expresarse como:

$$d(X) = w_c \text{si} K_c(X) = \max_{i=1 \rightarrow J} K_i(K)$$

#### 3.1.4.8. Viola-Jones Face Detector

Estructura un método para la detección de objetos, lo que admite que sea utilizado en tiempo real. Su desarrollo fue originado por el inconveniente de la detección de caras, donde sigue siendo utilizado, pero puede aplicarse a otras clases de objetos; están caracterizados por patrones típicos de iluminación.

Parra (2015) sostiene que el algoritmo está basado en una serie de clasificadores débiles llamados *Haar-like features* los cuales se calculan eficientemente a partir de una imagen integral. Estos clasificadores, que por sí mismos tienen una probabilidad de acertar solo ligeramente superior a la del azar, se agrupan en una cascada empleando un algoritmo de aprendizaje basado en *AdaBoost* para conseguir un alto rendimiento en la detección, así como una alta capacidad discriminativa en las primeras etapas. (pág. 6)

La imagen integral es una representación alternativa para la imagen que se puede calcular de manera muy rápida. Un valor de la imagen integral  $ii(x,y)$  será igual al valor del pixel  $i(x,y)$  de la imagen sumado a todos los pixels de la imagen que estén a la izquierda y arriba de la posición  $(x,y)$

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y')$$

#### 3.1.4.9. Filtro Kalman

El algoritmo Kalman en esencia pronostica el nuevo estado, a través de su estimación previa añadiendo un término de corrección proporcional al error de predicción, básicamente, es un procedimiento matemático que opera bajo un mecanismo de predicción y corrección.

$$Z_t = H_t * x_t + u_t \quad (1)$$

$Z_t$  es un vector de variables observables,  $x_t$  es el vector de las variables de estado y  $H_t$  es la matriz que relaciona las variables observables con las de estado. El término de error  $u_t$  se incluye para albergar la posibilidad de que las variables observables puedan contener algún error de medición. Es un término correlacionado con las variables observables y que tampoco presenta auto

correlación. Además, se asume que sigue una distribución normal de media nula.

### 3.1.5. Homografía

Llamada también homografía plana, Bradski y Kaehle citado por Cifuentes (2014) afirman que orientados al contexto de visión por computadora definen a la homografía como: “Un mapeo proyectivo de un plano a otro, de este modo, el mapeo de puntos sobre una superficie plana de dos dimensiones a la imagen generada por nuestra cámara es un ejemplo de homografía plana”. También la definen matemáticamente como una matriz 3x3, llamada H, indicando que el mapeo de los puntos es representable en términos de multiplicación de matrices haciendo uso de coordenadas homogéneas con la finalidad de representar el punto P que se está observando y el punto p proyectado por la cámara, así:

$$p = [X \ Y \ Z \ 1]^t$$

$$p = [x \ y \ 1]^t$$

Relacionando los puntos definidos mediante la homografía encuentran la igualdad  $p = sHP$ , además introdujeron un factor de escala arbitrario llamándole s, parámetro que ayuda a definir la homografía, por causa del desconocimiento que existe acerca de las medidas del entorno.

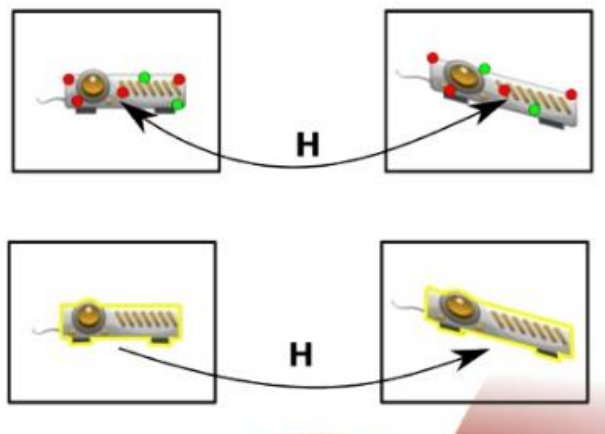


Figura 18: Ilustración para identificar la Homografía

Fuente: (Canul, 2013).

Elaborado por: (Canul, 2013).

### 3.1.5.1. Medición del error

Cuando se establece la estructura a medir se pueden dictar parámetros para revisar si hay error o no. Cuando se calcula el objeto, si las dimensiones y patrones del modelo virtual-real se asemejan al real-real entonces el módulo posee errores de medición pequeños o errores mínimos, lo cuales se establece como funciones aprobadas, caso contrario cuando lo virtual-real no se asemeja se establece que el algoritmo marginó el atributo principal y por ende el cálculo está mal pautado. Sin embargo, la matriz puede tener errores y asemejarse de una manera poco exacta, ya sea por colores o por ciertos patrones, entonces no es un error, sino que es un modelo menos exacto.

En la Tabla 10 se detalla los algoritmos utilizados por la RA para crear la superposición de objetos en tiempo real.

**Tabla 10:** Algoritmos que se usaran para la aplicación solución.

Algoritmos de aplicación al ARToolKit	Uso
<i>Scale Invariant Feature Transform (SIFT)</i>	SI
<i>Speeded Up Robust Features (SURF)</i>	SI
<i>Features from Accelerated Segment Test (FAST)</i>	NO
<i>Enfoque de aprendizaje automático</i>	SI
<i>Supresión no máxima para la eliminación de esquinas adyacentes</i>	NO
<i>Random Sample Consensus (RANSAC)</i>	NO
<i>K - Nearest Neighbour (KNN)</i>	SI
<i>Viola-Jones Face Detector</i>	NO
<i>Filtro Kalman</i>	NO
<i>Homografía aplicada al AR</i>	SI

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

La Tabla presentada anteriormente indica cuales son los diferentes algoritmos que se usaran para la aplicación, teniendo en cuenta que estos mismos ya se encuentran en las diferentes herramientas a utilizar como lo son el ARToolKit, las librerías OpenCV, y el paquete de ARUnity.

### 3.2. Dispositivos aplicables para la RA

Muchas empresas ya han comenzado a crear diferentes tipos de aparatos que usan la realidad aumentada para diferentes propósitos. Uno de ellos es *Cisco Systems* ha progresado mucho en este tema, creando prototipos que usan los algoritmos RA en forma bastante visual, lo cual hace que la persona sienta más empatía por lo que se prueba, *Cisco* se basa en crear al usuario de manera virtual dando énfasis a que los movimientos y patrones del usuario sean fluidos y cualquier accesorio o prenda que se coloque o cambie quede lo más real posible. Sin embargo, aún son prototipos, aunque han mencionado que quieren avanzar lo más que se puede para poder dar a los usuarios la mejor experiencia.

Otras empresas como *Microsoft* usan el Kinect para sus proyectos de realidad aumentada, a diferencia de *Cisco* ellos usan una pantalla que muestra a la persona completamente real como un espejo y le agrega los componentes virtuales los cuales se presionan o cambian dependiendo los movimientos que haga la persona. Su proyecto ya está muy desarrollado a diferencia de otras empresas, por lo que los posiciona un paso adelante en el avance de la tecnología de RA.

*Microsoft* comenzó su campaña con las gafas *HoloLens*,<sup>5</sup> las cuales han llamado mucho la atención del público debido a su gran procesador que realiza billones de procesos a la vez. Sin embargo, lo costoso del producto es una barrera para que muchas personas lo adquieran, de igual manera la tecnológica de la realidad aumentada, ya está siendo desarrollada y los costos tarde o temprano disminuirán debido a la variedad de artículos.

---

<sup>5</sup> Son unas gafas que no producen imágenes en 3D visibles por todos, solo por el portador del dispositivo, en lugar de transportarnos a un mundo en tres dimensiones, nos trae las maravillas de las computadoras al alcance de nuestra mano, en un espectacular 3D.

### 3.2.1. Prototipo del Proyecto de personalización de implementos deportivos mediante técnicas.

En la Tabla 11 se detallan las herramientas usadas para realizar el prototipo teórico-práctico del proyecto con RA:

**Tabla 11:** Prototipo de equipos para el proyecto y recomendaciones.

<b>Hardware</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Características</b>	<b>Comentarios</b>
Procesador	Procesador Core2Duo de 2.8 Ghz	Actualmente se usa procesadores de amplia capacidad, como los Core i7 y los A10
Memorias	4gb de RAM marca Kingston de DDR2 de 800	Las memorias DDR3 y DDR4 ya están en el mercado actual con equipos de última generación
Disco duro	500Gb Sata marca Samsung, 7200RPM	Existen disco duros los cuales poseen mayor RPM en el mercado actual, siendo muchos más veloces para la transferencia de datos
Monitor LCD	Lg Flatron W1934s Widescreen.	Actualmente los monitores táctiles se han hecho muy populares, también los LED y 4K por su capacidad de mejoramiento de imagen
Teclado	Alámbrico marca Microsoft.	
Mouse	Alámbrico marca Microsoft.	
Web Cam	Genius Facecam 1000x Hd 1.3 Mpx.	En el mercado actual existen cámaras las cuales poseen una mayor cantidad de pixeles, con lo cual se puede establecer una mejor calidad de imagen

<b>Hardware a considerar</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Características</b>	<b>Comentarios</b>
Procesador	Procesador Core i7 de 3.2 Ghz, intel	Mayor procesamiento y velocidad
Memorias	8gb de Ram marca Kingston DDR3 de 1600	Mayor ajuste de capacidad
Disco duro	1 Tb de Disco duro marca Samsung, de estado sólido 10500 RPM	Mayor velocidad de transferencia de datos
Monitor LCD	Monitor 4K LG 31MU97-B: 31 Inch	Mejor visualización
Teclado	Inalámbrico marca Microsoft.	Mayor comodidad
Mouse	Inalámbrico marca Microsoft.	Mayor comodidad
Web Cam	Webcam Logitech C910 Full Hd Última Generación	Mejor vista de imagen
Smartphone	Equipos celulares que posean Android 2.2 o superior.	Tienen características para introducir la RA por si mismos, con aplicaciones variadas
GoogleGlass	Lentes de visión digital, cámara de 5 megapíxeles, capaz de grabar vídeo 720p.	Son lentes digitales creados para introducir la RA a la vida cotidiana
HooLens	Intel Atom x5-Z8100 (64 bit) y 4 núcleos a 1,04 GHz (14 nm), Ram 114, SO Window 10	Son lentes digitales creados para introducir la RA a la vida cotidiana

<b>Software</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Propósito</b>	<b>Tipo de licencia</b>
Unity	Unity Technologies	Motor gráfico, para creación de juegos	Libre y paga
Sketchup Pro	Last Software, absorbido por Google	Programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones (3D)	Libre y paga
ARToolKit	GitHub	Librería para la creación de RA	Libre
ARunity	Unity Technologies	Paquete de configuración del Unity para la creación de AR	Libre
OpenCV	Intel	Biblioteca multiplataforma para la calibración de dispositivos de visión	Libre y paga

#### **Tipos de Software a considerar**

Nombre	Fabricante	Propósito	Tipo de licencia
Unreal Engine	Epic Games	Motor de juegos para pc y consolas	Libre y paga
Valve source	Valve Corporation	Motor de juegos para pc y consolas	Libre y paga
Mesh Lab	ISTI - CNR	Es un avanzado sistema de software de procesamiento de malla 3D	Libre y paga
3D Max	Autodesk	Es un programa de creación de gráficos y animación 3D	Pago
Linux	Linus Torvalds	Sistema operativo	Libre
MAC OS	Apple Computer Inc	Sistema operativo	Pago

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

Se han planteado y definido todas las herramientas necesarias para realizar el proyecto de personalización de artículos deportivos mediante implementación de la realidad aumentada. Se aplicaron los modelos algorítmicos antes propuestos, en el cual se plantea la ecuación para reconocer los marcos u objetos en tiempo real. Se mostró cómo puede ubicarse en los planos real-virtual una figura geométrica, explicando el proceso mediante códigos; se configuraron los programas para desarrollar el prototipo y se estableció la lógica que se debe tener en cuenta para avanzar con lo referente al RA.

La realidad aumentada es un campo de investigación funcional y es el futuro en el cual muchos desarrolladores ya están centrando sus proyectos, basándose en combinar la información virtual y plasmarla en el plano real con una cámara o lente. El alcance de esta herramienta es casi ilimitado.

Utilizando ARToolKit, Unity y Visual Studio, se obtuvieron grandes resultados visualizando el plano real-virtual, se ha podido presenciar la realidad aumentada.



**CAPÍTULO IV. METODOLOGIA, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL  
COMPONENTE**

#### 4.1. Metodología del ciclo de vida de los sistemas.

La metodología del Ciclo de vida de los sistemas (*SDLC*, del inglés *Systems development life cycle*) la planteada por Kendall y Kendall (2005), la cual es un enfoque por fases de análisis y diseño que sostiene que los sistemas son desarrollados de mejor manera mediante el uso de un ciclo específico de actividades del analista y del usuario. En ella se encuentra un conjunto de pasos a seguir para el análisis de la situación inicial y con ello tomar los datos necesarios para un adecuado desarrollo de la aplicación. Cada fase se explica por separado, pero nunca se realizarán como pasos aislados.

El uso de esta metodología al proyecto es debido a que considero que la forma de explicar cada paso de una manera no aislada, es adecuado para la realización del proyecto, además que el incremental de las fases en conjunto analista y usuario facilita la realización y diseño del mismo. Cada fase se presente de una manera simple y explícita, lo cual evita complicar la evolución de la aplicación. Es un modelo sencillo, disciplinado y muy fácil de aplicar en diferentes aspectos, además, que esta metodología ha sido muy utilizada para diferentes sistemas por lo que se tiene muy buen contraste de la misma, tanto en información, documentación y referencias.

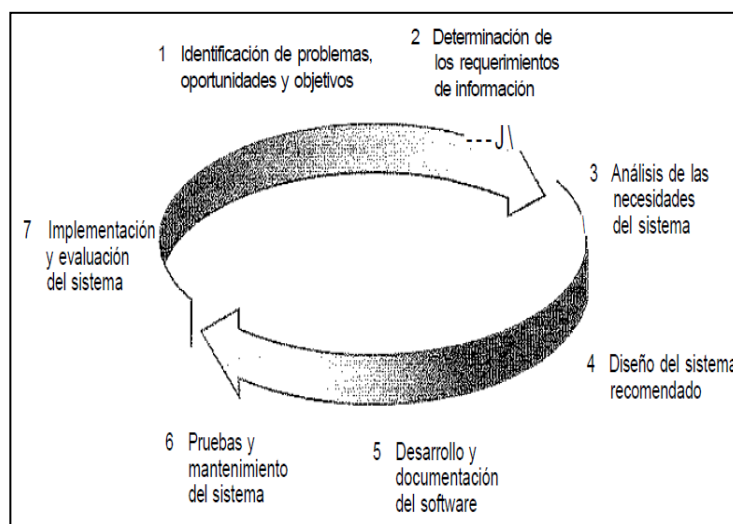


Figura 19: Las siete fases del ciclo de vida de desarrollos de sistemas.

Fuente: Kendall y Kendall (2011)

Elaborado por: Kendall y Kendall (2011)

#### **4.1.1. Fases de la metodología SDLC.**

Fase I. Identificación de problemas, oportunidades y objetivos

Fase II. Determinación de los requerimientos de información

Fase III. Análisis de las necesidades del sistema

Fase IV. Diseño del sistema recomendado

Fase V. Desarrollo y documentación del software

Fase VI. Prueba y mantenimiento del sistema

Fase VII. Implementación y evaluación

#### **4.1.2. Modalidad de la Investigación.**

Para el desarrollo del proyecto se optó por utilizar una metodología, que implique la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas o necesidades de una organización o grupo social. Se fundamenta en desarrollar una aplicación por medio de la cual los clientes puedan probarse ropa y accesorios deportivos usando la realidad aumentada, siendo rápido, factible e innovador. A continuación, se detallan los pasos desarrollados durante la investigación, identificando los elementos que se tomaron en cuenta para la generación del modelo de desarrollo como parte de la evolución tecnológica en el campo.

En relación con lo descrito se determinó que el trabajo se encuentra dentro de los fundamentos teóricos de un Proyecto Factible, debido a que es posible desde el punto de vista tanto teórico como económico. El que se localiza como una solución práctica para los clientes de las tiendas afiliadas a Fomdu SL, además desde la perspectiva tecnológica, posee una interfaz amigable y sencillo.

#### **4.1.3. Tipo de investigación utilizada para la solución.**

Este trabajo está desarrollado de una manera del tipo investigativa, incremental y documental. Que según el Manual de Trabajo de grado de especialización de la UPEL (2011) destaca que:

La investigación de campo es el análisis sistemático de problemas en la realidad con el propósito, bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o producir

su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquier paradigma o enfoque de investigaciones conocidas o en desarrollo. (p. 14)

Esto explica, que el diseño de investigación constituye el plan general a seguir por el investigador para obtener respuestas a sus interrogantes o comprobar las hipótesis de investigación. El diseño desglosa las estrategias que el investigador acoge para generar información exacta e interpretable.

Finalmente se destaca, que el proyecto se enmarca como factible, al haberse elaborado en función de una solución viable al problema de investigación, es decir, que la implementación sirve para mitigar la problemática planteada, la cual consistió en el desarrollo de una solución a la personalización de implementos deportivos mediante realidad aumentada, en la empresa Foundu SL, brindando soluciones de manera práctica. Adicionalmente se adecua a los avances tecnológicos por estar desarrollado en un entorno de realidad aumentada.

#### **4.1.4. Procedimientos**

Los procedimientos constituyen el esquema sistemático que comprendieron la ejecución de actividades y objetivos específicos planteados, en concordancia con la metodología seleccionada para el proyecto. Entonces, los procedimientos son la base fundamental de la investigación, debido a que mediante el desarrollo y ejecución de estos se logra alcanzar los objetivos propuestos.

Es así, que se empleó la Metodología SDLC, desarrollada por Kendall y Kendall (2011); ya que está basada en el ciclo de vida del sistema enfocada por fases para el análisis y diseño del sistema, cuyo propósito principal consiste en que los sistemas se desarrollen utilizando un ciclo específico de actividades del analista y el usuario.

Dentro de ésta metodología, se encuentra un conjunto de pasos a seguir para el análisis de la situación inicial y con ello tomar los datos necesarios para un adecuado desarrollo de la aplicación, que bajo el paradigma del RA permite la integración de lo real con virtual por medio de un lente o cámara. Ésta consta

de 7 fases: identificación del problema, oportunidades y objetivos; determinación de los requerimientos de información; análisis de las necesidades del sistema; diseño del sistema recomendado; desarrollo y documentación del software; prueba y mantenimiento del sistema; implementación y evaluación. A continuación, se detalla cada una de estas fases:

## **4.2. Fases de implementación para la solución.**

### **4.2.1. Fase I. Identificación de problemas, oportunidades y objetivos.**

Se realizó una descripción detallada de la problemática presente a la personalización de artículos o implementos deportivos en la empresa Foudmu SL, así mismo se determinaron los objetivos que se pretenden lograr al implementar la RA como solución, justificación y las delimitaciones de la investigación. Por otra parte, se visitaron las tiendas para la visualización de diferentes prendas y artículos deportivos, donde se hizo uso de la técnica de recolección de datos para estimar la complejidad y el tamaño del trabajo de investigación en curso. Se determinó los tipos de productos que vende la empresa afiliada a Foudmu SL, como también, cuales son los productos con una tasa de venta más alta (Ver Anexo 7).

### **4.2.2. Fase II. Determinación de los requerimientos de información.**

Se analizó la información recopilada del diagnóstico mediante las técnicas de análisis de datos, determinando los requerimientos, funcionales y no funcionales de la propuesta, además, en esta etapa se realizó una revisión bibliográfica concerniente a las bases teóricas de la investigación, con la finalidad de fortalecer el desarrollo del presente proyecto y se analizó a profundidad las diferentes aplicaciones que usan los recursos de la RA a su beneficio. Se desarrolló una encuesta por la cual se obtuvo de una población de 50 clientes habituales y no habituales, con lo que se pudo obtener la aceptación de público con respecto a usar la realidad aumentada como tecnología para los nuevos probadores de artículos deportivos (Ver Anexo 8)

### **4.2.3. Fase III. Análisis de las necesidades del sistema.**

En esta etapa, se examinaron las necesidades actuales de la empresa Foudmu SL, para optar por una medida tecnológica e innovadora en la personalización

de los artículos deportivos. En esta etapa se evaluaron las dos etapas anteriores con lo cual se logró la identificación y determinación de los requerimientos obtenidos mediante la aplicación de la observación en los probadores, y se recopilaron datos de aceptación de los clientes. (Ver Anexo 9)

#### **4.2.4. Fase IV. Diseñar la estructura de la aplicación mediante las librerías ARToolKit, herramientas de diseño y modelo para la RA.**

En esta fase se obtuvo toda la información concerniente a los diferentes programas que se deben usar para la aplicación y desarrollo del proyecto, dando la visión de los lenguajes de programación, y los diferentes modelos que se necesitaron para crear el entorno real-virtual.

#### **4.4.5. Fase V. Desarrollo y documentación del software.**

Se realizó la integración de todas las herramientas para el desarrollo lógico sistemático de la aplicación, usando el Unity para la configuración de las escenas y marcos, el ARToolkit para la configuración de la cámara y Sketchup PRO para el editado y renderizado de las imágenes. Por otra parte, se usó el marco Hiro que viene por defecto con el ARToolKit.

#### **4.2.6. Fase VI. Prueba y mantenimiento del sistema.**

En esta etapa se describieron las conclusiones a las cuales se llegó durante todo el proceso de la investigación, y se establecieron las recomendaciones necesarias según el seguimiento continuo y fluidez de los procesos de la aplicación, para verificar que la solución cumpla con todas las especificaciones establecidas en el diseño. Además de permitir detectar los posibles errores existentes en el sistema mediante pruebas pilotos para validar que el sistema cumpla con los objetivos propuestos y realmente ofrezca la personalización de los artículos deportivos con modelos, tallas y colores.

#### **4.2.7. Fase VI. Implementación y evaluación final de la aplicación**

Una vez construida la aplicación se realizaron pruebas de validación, donde se contó con la participación de algunos clientes como modelos. Los tipos de pruebas aplicadas fueron las siguientes:

- **Prueba de inicio y configuración:** Esta verifica que la aplicación se ejecute y pida los parámetros del visor al usuario.
- **Prueba de marco y escena:** Esta se centra en verificar si los marcos programados y las escenas están configurada para diferentes parámetros de tamaños. Además, se establece el buen funcionamiento de la cámara con el marco.
- **Prueba de movimiento:** Establece que el cliente pueda moverse, para visualizar los diferentes planos de la ropa.
- **Prueba de seguimiento y botones:** Se centra en la verificación de los datos configurados, se establece que los modelos puedan pulsar botones pre configurados para realizar alguna acción establecida.
- **Prueba de cambio de colores:** Se establece verificación del buen funcionamiento del script usado.
- **Prueba final:** Se probó cada implemento guardado en las diferentes escenas y con diferentes modelos.

#### 4.3. Desarrollo del componente

La aplicación se desarrolló de forma estructurada, debido a la complejidad que presenta, se fue investigando cada una de las herramientas posibles a usar y cuales dan facilidad y compatibilidad entre ellas. Se estudiaron las herramientas para el desarrollo del componente siendo Unity el programa principal y base del proyecto, debido a su compatibilidad y características. Unity trabaja con una serie de objetos llamados *GameObjects*, estos son importantes en el desarrollo de la plataforma. Todo objeto en Unity es un *GameObject* y no pueden realizar acciones por su cuenta, sino que se valen de todos los componentes asociados para realizar las tareas, scripts, módulos de física, etc. Por otro lado, tenemos al ARToolKit, librería que posee una serie de paquetes de scripts diseñados para ser complemento de un programa principal, el brinda códigos hechos, que configuran distintas herramientas para producir la realidad aumentada. Unity trae por defecto Visual Studio, el cual maneja diferentes tipos de lenguajes; en la aplicación se introdujeron códigos en C y Java. Las imágenes fueron producidas por Sketchup Pro, ya que posee un complemento para exportar materiales e imágenes al formato "fbx", extensión compatible con Unity.

La aplicación se desarrolló tomando de base un juego con la temática “cambio de ropa”, esta consta de botones para el inicio de la aplicación, y ajuste de cada vestimenta, color, y diferentes formatos en escala o posición.

Los problemas que se presentaron para el desarrollo del componen fueron la estructura y programación de cada botón, el posicionamiento de los objetos en el entorno virtual, la configuración del Unity con el ARToolKit, el renderizado y modificación de cada imagen y el cambio de color con el clic. La mayoría de las funcionalidades son complejas.

La aplicación está enfocada para ser un sistema comercial con RA para la empresa Foudnu SL, por tanto, el que sea fácil de manipular es un requisito.

#### **4.4. Diseño preliminar**

La solución cuenta con varios módulos que trabajan en paralelo tanto en el cálculo de la física y actualización de los datos recibidos por el componente visor, las operaciones internas de cambio y posicionamiento de modelo de imagen también se integran a estos. Unity permite el cálculo automático de todos los componentes internos mediante sus propios scripts, con lo cual a la hora de realizar el desarrollo del sistema se centra la atención en las funcionalidades específicas. El diseño del sistema, por tanto, seguiría el siguiente patrón:

- La cámara detectara el marco y al usuario, y valida si lo hay o no, basándose en los algoritmos integrados para el reconocimiento de marcos o puntos de referencia, dentro del objeto que se encuentre en el rango de visión del aparato.
- Los datos que son captados por el visor, son recogidos por los scripts que posee Unity para integrar y traducir componente, y los cuales han sido implementados para en la aplicación.
- Una vez se obtienen todos los datos, los scripts implementados actualizaran la posición del marco junto con el objeto visualizado.
- Al integrar estos factores se obtienen el muestreo del modelo implemento deportivo que va unido a los puntos o marcos pre



configurado, estos pasan a calcularse de la física equivalente, usada en los algoritmos de posicionamiento.

- Al detectar el marco, la solución muestra un menú interactivo, con el cual se inicia el proceso de la utilización de la aplicación. Se encuentra configurada con dos estados, “comenzar”, con la cual se inicia el ciclo de *update* de todos los *scripts* y “salir” para cerrar el ciclo de interfaz.
- Se calcula el ciclo de *update* de la *GUI*<sup>6</sup> (es decir, la interfaz del programa). En ese momento se actualiza la fotografía o imagen mostrada, y se calcula la iteración del usuario con los distintos botones de la aplicación, llamando a cada uno de los métodos utilizados para programa cada botón.
- Se hace un ciclo de *update* de cada uno de los *scripts*. Si detecta a un usuario o marco mostrara un implemento deportivo, sin embargo, solo lo mostrara si no hay ninguno.
- Por último, se actualizará la imagen de la textura mostrada por el componente visor.

#### 4.5. Diseño del componente versión inicial

La versión inicial de la aplicación consta de un botón el cual aparece cuando el visor detecta un marco o una persona, este botón se encuentra ubicado en la esquina superior izquierda identificado como “Comenzar” (Ver anexo 5), y es el inicio para usar el menú de opciones y poder interactuar con los diferentes implementos deportivos.

Cuando se activa el botón de “Comenzar”, automáticamente cambia a “Salir” y aparece el menú de opciones de modificación de los implementos deportivos, muestra 5 botones de ropa, cada uno con un estilo diferente y botones de posicionamiento y tamaño, para modificar la ropa solo se tiene que pulsar el botón identificado con la flecha a la cual tú quieres posicionar la ropa o extender. Para finalizar con la aplicación solo se tiene que pulsar el botón salir, y desaparecerán los implementos deportivos y los botones. (Ver anexo 5)

---

<sup>6</sup> La interfaz gráfica de usuario, conocida también como GUI, es un programa informático que actúa de interfaz de usuario, utilizando un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en la interfaz

#### 4.6. Arquitectura.

La arquitectura de la solución, muestra cómo está diseñada la aplicación. Se fundamenta en la realidad aumentada como base para la venta de implementos y artículos deportivos de la empresa Fomdu SL, la arquitectura distribuida está diseñada con la finalidad de mostrar la interacción de los clientes con la aplicación, aprovechando los recursos que da la RA para la compra o muestra de los productos.

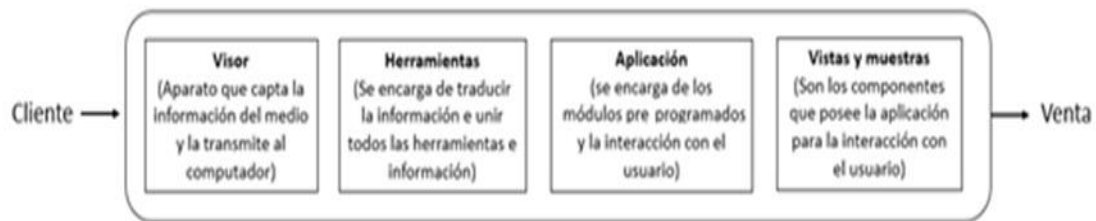


Figura 20: Arquitectura de la aplicación solución

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

La Figura 20 muestra un diseño lógico de proceso, por medio del cual un cliente establece formalmente una compra a través del dispositivo de realidad aumentada. Este proceso se establece bajo cuatro normas:

- **Visor:** El dispositivo capta el ambiente o entorno, de manera que cuando el cliente llegue a probarse los artículos este escanee el marco y comience el proceso de RA
- **Herramientas:** El cliente llega al dispositivo visor y automáticamente se le ajusta una prenda pre configurada, de modo que se capte la atención de la persona.
- **Aplicación:** El cliente cambia a gusto los artículos que desee, en cuanto a color, tamaño, modelo, y prenda. Este proceso se realiza mediante la interacción usuario-aplicación.
- **Visor y muestras:** El cliente podrá moverse con los artículos escogidos, de manera que pueda ver diferentes ángulos del mismo, formalizando la compra.

#### 4.7 Componentes/Diagramas.

La Figura 21, detalla el diagrama de los componentes y funcionamiento de la aplicación.

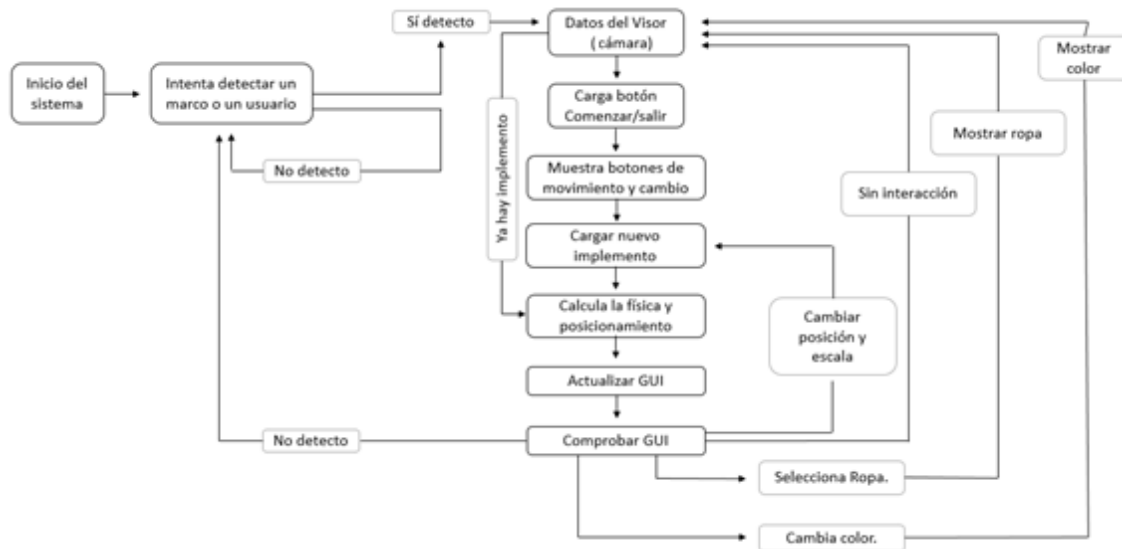


Figura 21: Diagrama de flujo de la aplicación ARToolKit

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

El algoritmo de la solución se implementa de la siguiente manera:

Se inicia el sistema activando la aplicación para que detecte y escanee el entorno, una vez realizado este proceso, se identifica un marco predefinido, si no es el caso la aplicación vuelve a escanear el entorno hasta encontrar uno.

Una vez detectado el marco, se muestra a través del visor el menú de inicio de la aplicación e inicia el proceso de interacción usuario-aplicación, cuyos pasos son:

- Primero se carga el botón de comenzar, si se activa, se procede a mostrar el menú de botones y cambio, al presionar un primer botón se carga el implemento o artículo deportivo.
- Se calcula el posicionamiento del marco y se muestra la prenda, al realizar este proceso se carga la GUI y se comprueba, si dado caso el marco se separa de la de la vista o detección de la cámara se detiene el programa y la aplicación intenta detectar otra vez el marco, con ello el visor lo detecta y la aplicación vuelve a mostrar el artículo que se estaba visualizando con anterioridad.
- La comprobación del GUI es cuando la aplicación detecte el artículo deportivo que el usuario ha escogido y configurado a preferencia, cada una de estos detalles es analizado por la aplicación por medio del GUI y

cualquier cambio realizado por el cliente será transmitido, verificado y a su vez mostrado en el visor.

#### **4.8. Implementación.**

Para la implementación de la aplicación se requiere de un computador con características específicas y en el cual estén instalados todos los controladores pertinentes para el uso del visor. Las características de los equipos son:

- CPU marca *HP* u otra genérica. Con un procesador Core2Duo de 2.8 Ghz.
- Memoria de 2gb de RAM marca *Kingston* u otra genérica.
- Disco duro de 100Gb *Sata Samsung* u otro genérico.
- Sistema Operativo Windows 10 Pro, 64 bits
- Webcam *Genius Facecam 1000x Hd 1.3 Mpx.*

Se instalará la aplicación en modo administrador en el sistema operativo, para evitar cualquier error que pueda presentar por incompatibilidad.

## **Capítulo V. Pruebas y funcionamiento del componente**

#### 4.1. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas se realizaron mediante un método el cual utiliza casos de usos para aplicar fichas de pruebas a la aplicación, y así comprobar si su funcionamiento es el correcto. Sin embargo, en cada ficha se incluye un apartado de prueba, las mismas se detallan, a continuación:

##### 5.1.1. Prueba de inicio y configuración.

La Tabla 7, detalla la primera ficha en la cual se establece los parámetros de resolución con el visor.

**Tabla 12:** Prueba de funcionamiento N°1.

Caso uso N° 1	
Entorno	Descripción
Inicio de la aplicación	Se inició correctamente.
Escenario	La aplicación pide al usuario parámetros de resolución.
Entradas	El usuario establece los parámetros de resolución pedidos por la aplicación.
Resultados esperados	Mostrar entorno con el visor
Resultados obtenidos	Se mostró el entorno con el visor.
Observaciones	Ninguna.

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

La Tabla 8, indica como la aplicación detecta el marco.

**Tabla 13:** Prueba de funcionamiento N°2.

Caso uso N° 2	
Entorno	Descripción
Inicio de la aplicación	Se inició correctamente.
Escenario	La aplicación detecta con el visor si hay un objeto que pueda identificar.
Entradas	El usuario muestra un marco y la aplicación la reconoce mostrando el botón de "comenzar"
Resultados esperados	La aplicación detecte al objeto y muestre el inicio del menú.
Resultados obtenidos	La aplicación ha detectado el objeto y muestra el menú de inicio.
Observaciones	Ninguna.

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

### 5.1.2. Prueba de marco y escena.

La Tabla 9, demuestra como el usuario comienza a interactuar con la aplicación.

**Tabla 14:** Prueba de funcionamiento N°3.

Caso uso N° 3	
Entorno	Descripción
Inicio de la aplicación	Se inició correctamente.
Escenario	La aplicación muestra el botón de “Comenzar”
Entradas	El usuario interactúa con el menú y pulsa “Comenzar”
Resultados esperados	La aplicación detecta la petición y muestra el menú de opciones variadas.
Resultados obtenidos	La aplicación ha tomado la petición del usuario y ha mostrado el submenú.
Observaciones	Ninguna.

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

### 5.1.3. Prueba de movimiento

La Tabla 10, muestra el submenú pre-configurado de la aplicación de modificación.

**Tabla 15:** Prueba de funcionamiento N°4.

Caso uso N° 4	
Entorno	Descripción
Inicio de la aplicación	Se inició correctamente.
Escenario	La aplicación muestra el sub menú de opciones de ropa, movimiento y tamaño
Entradas	El usuario pulsa uno de los botones de ropa.
Resultados esperados	Muestra la ropa seleccionada.
Resultados obtenidos	La aplicación mostro la ropa.
Observaciones	Ninguna.

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

La Tabla 11, modela la forma en que funcionan los botones del submenú.

**Tabla 16:** Prueba de funcionamiento N°4.

<b>Caso uso N° 4</b>	
<b>Entorno</b>	<b>Descripción</b>
Inicio de la aplicación	Se inició correctamente.
Escenario	La ropa se muestra en la pantalla y se procede a mover el marco y al usuario.
Entradas	Movimiento del marco y del usuario
Resultados esperados	La ropa se posiciona donde se encuentra el marco o usuario.
Resultados obtenidos	La ropa se ha posicionado en el marco o usuario identificado.
Observaciones	Ninguna.

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

#### 5.1.4. Prueba de seguimiento y botones

En la siguiente Tabla se observa la prueba de los botones y configuración.

**Tabla 17:** Prueba de funcionamiento N°4.

<b>Caso uso N° 4</b>	
<b>Entorno</b>	<b>Descripción</b>
Inicio de la aplicación	Se inició correctamente.
Escenario	Menú de sub botones y atuendo
Entradas	El usuario prueba los botones cambiando las diferentes prendas de la aplicación.
Resultados esperados	El cambio de la ropa con respecto a cada botón, movimiento, tamaño y tipo
Resultados obtenidos	Se han cambiado el atuendo presionando los botones, al igual que se ha desplazado el atuendo y ha cambiado de tamaño.
Observaciones	Ninguna.

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

#### 5.1.5. Prueba de cambio de colores:

La Tabla 13, refleja el resultado de la funcionalidad del botón de cambio de color.



**Tabla 18:** Prueba de funcionamiento N°4.

<b>Caso uso N° 5</b>	
<b>Entorno</b>	<b>Descripción</b>
Inicio de la aplicación	Se inició correctamente.
Escenario	Se tiene el botón de cambio de color
Entradas	El pulsa el botón de cambio de color
Resultados esperados	Se cambia el color de los atuendos
Resultados obtenidos	Se ha cambiado al pulsar el botón los colores de los atuendos que están configurado para este apartado
Observaciones	Ninguna.

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

#### **5.1.6. Prueba final.**

La Tabla 14, muestra los datos de la última prueba de verificación de la aplicación.

**Tabla 19:** Prueba de funcionamiento N°4.

<b>Caso uso N° 5</b>	
<b>Entorno</b>	<b>Descripción</b>
Inicio de la aplicación	Se inició correctamente.
Escenario	Se estableció una prueba con usuarios sin conocimiento de la herramienta.
Entradas	Usuario nuevo.
Resultados esperados	La interactividad del usuario con toda la aplicación
Resultados obtenidos	La aplicación ha respondido a cada petición del usuario
Observaciones	Ninguna.

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

## 4.2. Inicio de sesión

La aplicación se ha exportado de tal manera que el usuario pueda ejecutarlo en su ordenador al hacer clic en la aplicación.

Le aparece una pantalla de Unity mostrando la previa configuración de la cámara y resolución. Una vez finalizado este proceso, se ejecuta el programa y se inicia una sesión para usar la aplicación desarrollada.

## 4.3. Interfaz

La interfaz que se ha establecido de la aplicación, es bastante simple:

- **Un botón de inicio:** el cual cambia dependiendo de lo que quiera el usuario.
- **Botones de vestimenta:** Son 9 botones con diferentes modelos de ropa y accesorios, con los cuales se pretende que el usuario elija la que prefiera.
- **Botones de movimiento:** se establece 4 botones para el movimiento del atuendo, dependiendo el caso y contextura de la persona.
- **Botones de tamaño:** se establecen 4 botones para el cambio de tamaño de la ropa.
- **Botón de cambio de color:** se estableció que, al presionar este botón, el usuario pueda cambiar los colores de un cubo, que es identificado como una propiedad.

## CONCLUSIONES

La aplicación cumplió con los objetivos planteados llevando a cabo la mezcla de lo real con lo virtual en base a imágenes 2D, las cuales son artículos deportivos, que a su vez son controlados mediante botones que realizan tareas específicas, lo que permitió llegar a las siguientes conclusiones:

- Se cumplió con el acercamiento teórico – científico de las diferentes herramientas que se requieren para crear o desarrollar una aplicación basada en realidad aumentada.
- Se analizaron diferentes técnicas de realidad aumentada que han sido aplicadas en proyectos parecidos, usándolos como complemento de información para la adquisición de conocimiento acerca del problema y posible solución.
- Se valoraron las diferentes técnicas y dispositivos para la proyección de los implementos deportivos, basándonos en la resolución de la cámara y estructura de la imagen ofreciendo un modelo manejable.
- La aplicación combina el entorno virtual con el entorno real creando un mundo mixto en el cual se ofrece un menú de opciones, con las cuales se modifican las diferentes prendas o ropas y accesorios brindando una imagen real del cliente con una imagen virtual del producto.
- Se hicieron las pruebas pertinentes para validar el funcionamiento óptimo de la aplicación, dando como resultado la satisfacción y atención de los usuarios de prueba.
- Se demostró que la aplicación solución permite mejorar el proceso de venta de artículos deportivos de la empresa Foundu SL, brindando un nuevo entorno de compra para su clientela.
- Se observó que la RA es una tecnología que puede usarse en diferentes campos de trabajo, privilegiando aquellos usuarios que la usan, facilitando su interacción, cambiando su entorno y mejorando su forma de trabajar.

## RECOMENDACIONES

- Fomentar el uso de aplicaciones con realidad aumentada para el desarrollo de implementos y artículos deportivos, teniendo en cuenta que la tecnología avanza rápido y se debe innovar cada vez más con esta herramienta.
- Para este trabajo de titulación es importante usar componentes libres, las cuales permitan crear realidad aumentada desde el inicio y no tener plantillas prediseñadas, para conocer a fondo el uso de los scripts y compatibilidad.
- El marcador debe ser el predefinido por la herramienta, ya que incluir otro puede ser que la cámara no lo reconozca fluidamente., Considerando tener equipos de buena capacidad, ya que el uso de la tarjeta gráfica, las memorias, y el procesador son altos. La realidad aumentada necesita de buenos implementos para poder experimentarla agradablemente.
- Para los diseños de 2D se deben rendir varias veces enfocándose principalmente en la calidad de los implementos, debido a que se necesita buena resolución en las imágenes.
- Al exportar de Sketchup Pro al Unity, se deben modificar los materiales para que muestre el formato correcto. Así como Mantener el marco firme al momento de interactuar con la aplicación.
- La resolución a utilizar será de 1024 x 768, para la pantalla de la aplicación y el contenido debe ser de calidad y ajustar los implementos para que el cliente los pueda visualizar sin problemas.
- La realidad aumentada puede usarse en muchos campos de trabajo, con lo cual se recomienda aplicarla para agilizar los procesos e interacción del mismo, de manera que los usuarios puedan tener información visual al instante.
- Se recomienda usar esta tecnología con frecuencia para poder disminuir los costos de los implementos, con esto, se crea dependencia y mejoramos en gran medida muchos ámbitos de trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

- (s.f.). Carracedo, J., & Martínez Méndes, C. (2012). Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense. *ISSN 1932-8540*, 102-108.
- Fundación Telefónica. (2011). *Realidad aumentada: una nueva lente para ver el mundo*. Barcelona: Editorial Ariel, S.A.
- Reinoso, R. (2007). *LENOVO*. Obtenido de file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/3711%20(1).pdf
- Aguarrebere. (2006). *Implementación de una aplicación de realidad aumentada para el control de costos en supermercados*.
- Alburez; Monzón; Pinelo; Porres; Rodas; (2013). *Realidad aumentada*.
- Alcarria Izquierdo, C. (2010). *Desarrollo de un sistema de Realidad Aumentada en dispositivos móviles*. Valencia: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
- Arévalo, M. (2013). *La Librería OPENCV Aplicación a la Docencia e Investigación*. España.
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C., y Olabe, J. C. (2010). *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*. Bilbao, España.
- Bustamante, D y Rodríguez, J. (2014). *Metodologogía Actual, Metodología XP*. Barinas.
- Canul, M. (2013). *Algoritmo de Reconocimiento de Objetos en Escenas Complejas para Aplicaciones de Realidad Aumentada*. Obtenido de Algoritmo de Reconocimiento de Objetos en Escenas Complejas para Aplicaciones de Realidad Aumentada: <http://mariomgck.awardspace.com/>
- Carracedo, R. (2013). *¿Cómo usar Microsoft Kinect como escaner 3D?* Obtenido de ¿Cómo usar Microsoft Kinect como escaner 3D?: <http://www.rubencarracedo.com/como-usar-microsoft-kinect-como-escaner-3d/>
- Carrión, A. (2016). *Informática Educativa*. Obtenido de <http://www.scoop.it/t/informaticaeducativa>

- Cerón, A., & Bedoya, P. (2014). *Manual básico de unity 3d como apoyo al desarrollo*. Obtenido de manual básico de unity 3d como apoyo al desarrollo: <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/006686C416.pdf>
- Chopra, A. (2007). *Google SketchUp 8 for Dummies*. Obtenido de Google SketchUp 8 for Dummies: <http://190.242.62.234:8080/jspui/handle/11227/1193>
- Cifuentes, J. (2014). *Implementación de un sistema para el control y simulación de entornos entomofóbicos utilizando realidad aumentada para los pacientes*. Obtenido de implementación de un sistema para el control y simulación de entornos entomofóbicos utilizando realidad aumentada para los pacienteS: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6528/1/TesisCompleta%20-512.pdf>
- Connolly, T., & Begg, C. (2005). *Sistemas de bases de datos. Un enfoque práctico*.
- Cuzco, E., Guillermo, P., & Peña, E. (2012). *Análisis, Diseño e Implementación de una aplicación con realidad aumentada para teléfonos móviles orientada al turismo*.
- Danigelis, A. (2016). *IQ*. Obtenido de <https://iq.intel.es/la-realidad-aumentada-dota-a-los-viajeros-de-super-vision/>
- DEFINICIÓN ABC. (2016). *DEFINICIÓN ABC*. Obtenido de <http://www.definicionabc.com/tecnologia/realidad-aumentada.php>
- Digital AV Magazine. (2016). *Digital AV Magazine*. Obtenido de <http://www.digitalavmagazine.com/2011/12/05/adidas-utiliza-la-realidad-aumentada-para-presentar-la-nueva-camiseta-de-la-seleccion-de-escocia/>
- El andriode libre. (2010). *El andriode libre*. Obtenido de <http://www.elandroidelibre.com/2010/12/juegos-de-realidad-aumentada-sal-a-la-calle-a-jugar-con-tu-android.html>
- El Día. (2016). *El Día*. Obtenido de <http://www.eldia.com/informacion-general/que-es-el-pokemon-go-el-nuevo-juego-de-realidad-aumentada-150060>
- Emaze. (2016). *Emaze*. Obtenido de <https://www.emaze.com/@AIIRQRFI/REALIDAD-AUMENTADA>

- Fombona Cadavieco, J., Sevillano, P., Ángeles, M., y Madeira Ferreira Amador, M. F. (2012). *Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles*.
- Geeky Gadgets. (2011). *Geeky Gadgets*. Obtenido de <http://www.geeky-gadgets.com/wikitude-augmented-reality-browser-now-offers-android-honeycomb-tablet-support-28-06-2011/>
- GIA. (2009). *Algoritmos de localización basados en procesamiento de imágenes*.
- Giner, J. (2015). *Unity 3D, un motor para gobernarlos a todos*. Obtenido de *Unity 3D, un motor para gobernarlos a todos*: <http://javiginer.com/unity-3d-un-motor-para-gobernarlos-a-todos/>
- Gómez, O. T., López, P. P. R., y Bacalla, J. S. (2010). *Criterios de selección de metodologías de desarrollo de software*. *Industrial Data*, 13(2), 070-074.
- Herrero, M. I. (2013). *Realidad Aumentada: ARToolKit para animación de personajes*.
- houseplanshelper. (2012). *Floor Plan Software*. Obtenido de *Floor Plan Software*: <http://www.houseplanshelper.com/free-floor-plan-software-sketchup-review.html>
- I. (s.f.).
- Ibáñez Herrero, M. (2005). *Realidad Aumentada: ARToolKit para animaciones de personajes*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- ITAINNOVA. (2016). *ITAINNOVA*. Obtenido de <http://www.itainnova.es/blogs/visualizacion-inmersiva-e-interactiva-para-industria/realidad-aumentada-ra-aplicada-al-mantenimiento-industrial-caso-de-uso-desmontaje-de-un-torno/>
- Joskowicz, J. (2008). *Reglas y Prácticas en eXtreme Programming*.
- Kato, H., Billinghurst, M., Weghorst, S., & Furness, T. (1999). *A mixed reality 3D conferencing application*. *Human Interface Technology Laboratory*.
- Kendall & Kendall. (2011). *ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS 8va Edición*. Obtenido de *ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS 8va Edición*: [http://www.academia.edu/7102592/Análisis\\_y\\_Diseño\\_de\\_Sistemas\\_8ed\\_Kendall\\_PDF](http://www.academia.edu/7102592/Análisis_y_Diseño_de_Sistemas_8ed_Kendall_PDF)

- Lewis, P. H., Yang, C., Bencomo, S. D., & Canto, R. D. (1999). *Sistemas de Control en ingeniería (Vol. 400)*.
- López, H. (2010). *Análisis y Desarrollo de Sistemas de Realidad Aumentada*.
- Machado Marcos, C. (2011). *Aplicación de la realidad aumentada para un sistema de entrenamiento*.
- Mafla, Gabriela; Ortiz, Aldiniver; (2014). *Estudio de los Algoritmos de reconocimiento de patrones para la automatización de un semáforo inteligente mediante FPGAs*. Riobamba.
- MarketingDirecto. (2011). *Topshop hace realidad los probadores de realidad aumentada de la mano de Kinect*. Obtenido de Topshop hace realidad los probadores de realidad aumentada de la mano de Kinect: <http://www.marketingdirecto.com/anunciantes-general/anunciantes/topshop-hace-realidad-los-probadores-de-realidad-aumentada-de-la-mano-de-kinect>
- Montiel, E. (2004). *Calzado personalizado, una oportunidad para competir*.
- ORACLE. (28 de agosto de 2016). [https://docs.oracle.com/cd/E26921\\_01/pdf/E26300.pdf](https://docs.oracle.com/cd/E26921_01/pdf/E26300.pdf).
- Parra, E. (2015). *Aceleración del algoritmo de Viola-Jones mediante rejillas de procesamiento masivamente paralelo en el plano focal*. Obtenido de Aceleración del algoritmo de Viola-Jones mediante rejillas de procesamiento masivamente paralelo en el plano focal: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90325/fichero/TrabajoFinGrado.pdf>
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del Software Un enfoque práctico. 7ma edición*. McGraw Hill.
- Realidad Aumentada – Augmented Reality. (2016). *Realidad Aumentada – Augmented Reality*. Obtenido de <http://www.realidad-aumentada.eu/es/augmented-reality-cities-ciudades-con-realidad-aumentada/>
- Rodríguez, J. R. (2005). *Gestión de proyectos informáticos: métodos, herramientas y casos*. Editorial UOC.
- Samatelo, A; Rojas, D. (2012). *Algoritmos para el reconocimiento de imágenes de huellas dactilares*.
- Sanchez, M. A. (2004). *Netodologías de Desarrollo de Software*.



- Saraguro, R. (2012). *Implementación de una Aplicación Android basada en Realidad Aumentada*.
- Sardi, L. (2012). *Algoritmo de segmentación online de Imágenes en secuencia de video*.
- Steiner, G. A. (1983). *Planeación estratégica: lo que todo director debe saber*.
- Tuexperto. (2010). *Realidad aumentada, cómo aplicar la realidad aumentada a la compra de ropa por Internet*. Obtenido de Realidad aumentada, cómo aplicar la realidad aumentada a la compra de ropa por Internet: <http://www.tuexperto.com/2010/07/20/realidad-aumentada-como-aplicar-la-realidad-aumentada-a-la-compra-de-ropa-por-internet/>
- Unity3D. (2004). *Unity 3D*. Obtenido de Unity 3D: <https://unity3d.com/es/unity>
- UPEL, U. E. (2005). *Manual para la realización de trabajos de Grado y Tesis*. Caracas: Venezuela.
- Virtualama. (2016). *Virtualama*. Obtenido de <http://www.virtualama.com/blog/realidad-aumentada-y-medicina/>
- Wagner, D., & Schmalstieg, D. (2003). *Artoolkit on the pocketpc platform*. In *IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop (pp. 14-15)*. Darmstadt, Germany.
- Zonaforo.meristation. (2012). *Impresiones de Hatsune Miku: Project Diva F, teniendo ya el juego*. Obtenido de Impresiones de Hatsune Miku: Project Diva F, teniendo ya el juego.: <http://zonaforo.meristation.com/topic/1987901/>

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Instalación del ARToolKit en Visual Studio

### Instalación del ARToolKit

1- **Primer paso:** Entrar a la página de ARToolKit (<https://artoolkit.org/>) y seleccionar descargas, deberá observar que sistema operativo está usando para poder descargar el correcto, en nuestro caso será para Windows



Figura 22: Descarga de la aplicación ARToolKit

Fuente: <https://artoolkit.org/download-artoolkit-sdk>

Elaborado por: Raquel Lanche

2- **Segundo paso:** Una vez descargado el programa se ejecuta el modo administrador presionando el botón derecho del mouse en “ARToolKit v5.3.2r1 Setup (bin-win32-vs120)”

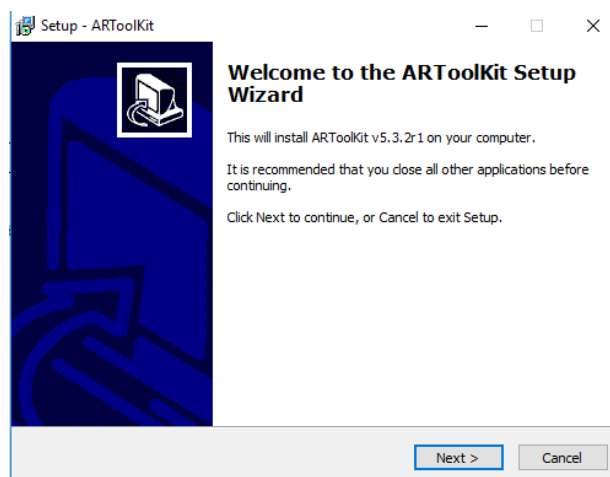


Figura 23: Instalación de la aplicación ARToolKit

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

3- **Tercer paso:** Una vez ejecutada la aplicación, hacer clic en el botón “Next >”, se incluirá una dirección en el computador donde se instalará la aplicación, por otra parte, se debe seleccionar algunos componentes a instalar. Para finalizar pulsamos “Install” para comenzar el proceso de instalación.

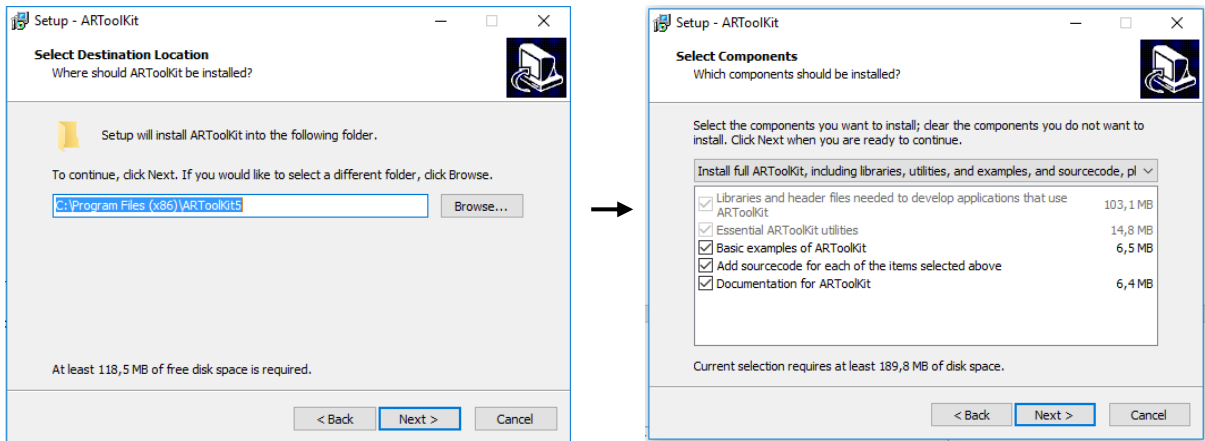


Figura 24: Instalación de paquetes y direccionamiento *ARToolKit*

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

**4- Cuarto paso:** Ya instalado se procede a descarga los otros componentes para poder usar el *ARToolKit*, como herramientas adicionales (*Additional Tools*) y las dependencias de origen (*Sources Dependencies*). Estas la encontramos en la página del *ARToolKit*.

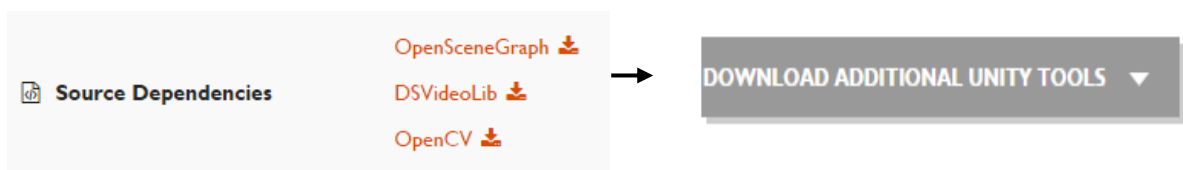


Figura 25: Instalación de dependencias y herramientas

Fuente: <https://artoolkit.org/download-artoolkit-sdk>

Elaborado por: Raquel Lanche

**5- Quinto paso:** Descargados todos los paquetes y dependencias se ejecuta cada uno y lo instalamos de manera que puedan correlacionar entre sí.

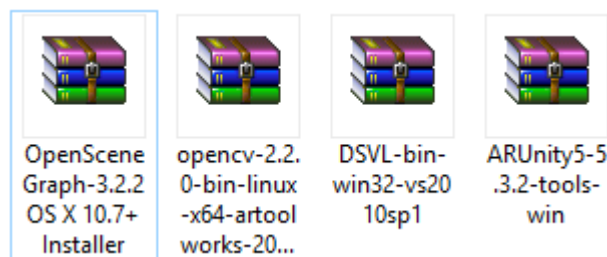


Figura 26: Archivos .rar de herramientas, software y librería para *ARToolKit*

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

6- **Sexto paso:** Descargar e instalar Visual Studio, para este estudio se utilizó esta versión para tener versiones más actualizadas.



Figura 27: Instalando Visual Studio

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

7- **Séptima paso:** Para instalar el Visual Studio, pulsando clic con el botón derecho del mouse “Ejecutar en Modo Administrador”, seleccionando el archivo “vs\_Ultimate.exe” y clic de manera que cargue la pantalla de Visual Studio 2013.



Figura 28: Instalando Visual Studio 2013 en la Computadora

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

8- **Octavo Paso:** Clic en el botón de “*Install*” para que solicite que paquetes instalar, seleccionamos todos y después se acepta, para que inicie el proceso de instalación del Visual Studio Ultimate 2013.



Figura 29: Instalando Visual Studio 2013 en la Computadora

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

**9- Noveno Paso:** Una vez instaladas las dos aplicaciones, se descomprime e instala todos los *DLL* y *LIB*, que se tenga para poder ejecutar las pruebas ARToolKit. Revisar bien cual librería va en el *System32* y cuáles van directamente en el ARToolKit.

En cada archivo se menciona donde es la ruta de copiado o donde se deben copiar, se muestran las carpetas y las que no es porque son DLL que van copiado directamente en el System32.

Bibliotecas OpenGL	23/10/2011 16:13	WinRAR archive	397 KB
DSVL-bin-win32-vs2010sp1	19/10/2016 9:58	WinRAR ZIP archive	7.548 KB
IMP DLLs	16/8/2013 10:13	WinRAR archive	428 KB
libs	20/10/2016 13:35	WinRAR ZIP archive	608 KB
msvc71d	23/10/2011 20:53	WinRAR ZIP archive	177 KB
msvcr71d	23/10/2011 20:53	WinRAR ZIP archive	226 KB

Figura 30: Instalando librerías y DLL

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

**10- Decimo Paso:** Ya instalados todas las bibliotecas y *DLL*, se abre la carpeta de ARToolKit y el archivo ARToolKit (Microsoft Visual Studio). Una vez cargado todos los componentes de la librería ARToolKit y se puede utilizar.

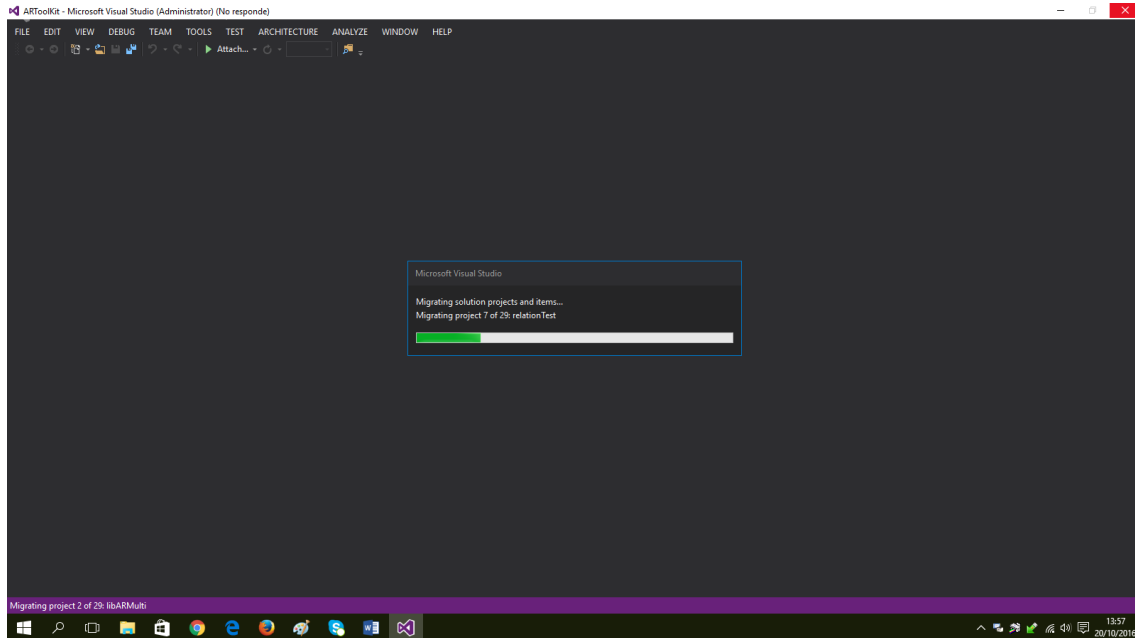


Figura 31: Aplicación cargando la librería de ARToolKit

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

**11 - Onceavo Paso:** Una vez completado el proceso de escaneo y ajuste del visual Studio 2013 junto al ARToolKit, solo queda ir a la parte superior hacer *clic* en *Build > Build Solution*; una vez finalizada la operación el programa saldrá el mensaje “*Succesfull*” en la parte inferior izquierda de la pantalla. Con ello se tiene la plataforma configurada para iniciar con el desarrollo del proyecto.

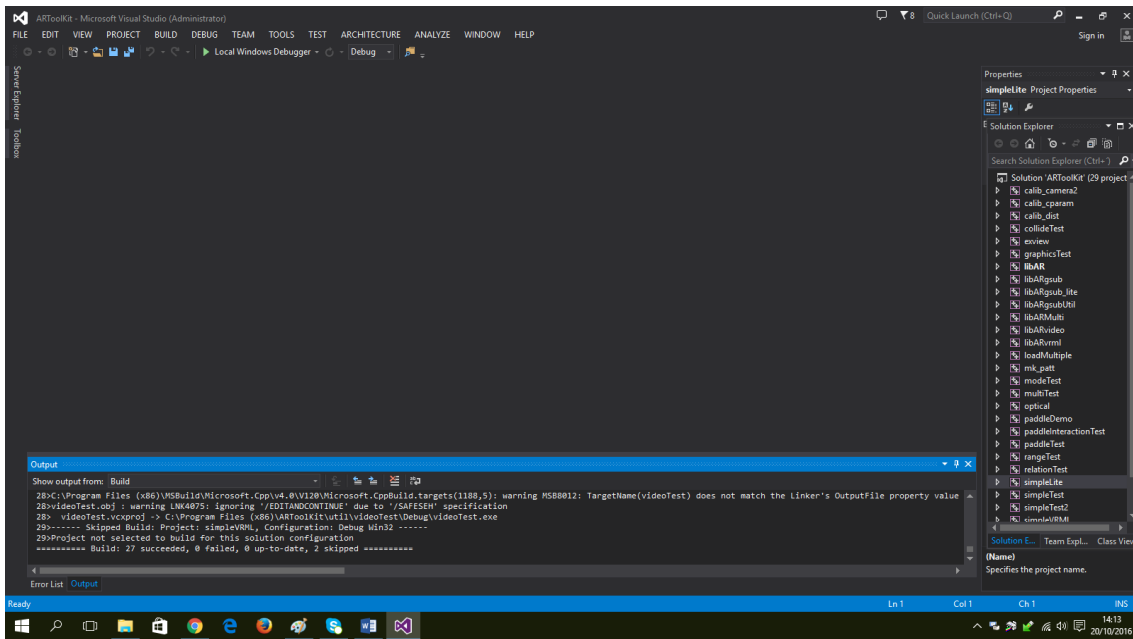


Figura 32: Programa configurado

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche



## Anexo 2: Instalación del Unity

1- **Primer paso:** Entrar a la página de oficial de Unity (<https://unity3d.com>) y seleccionar el vínculo “Obtener Unity”.



Figura 33: Descarga de la aplicación Unity.

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

Entonces, en el recuadro identificado como “*Personal*” pulsamos el botón “*Download now*”, y una vez dentro de la página vinculada, pulsaremos “*Download Installer*”.

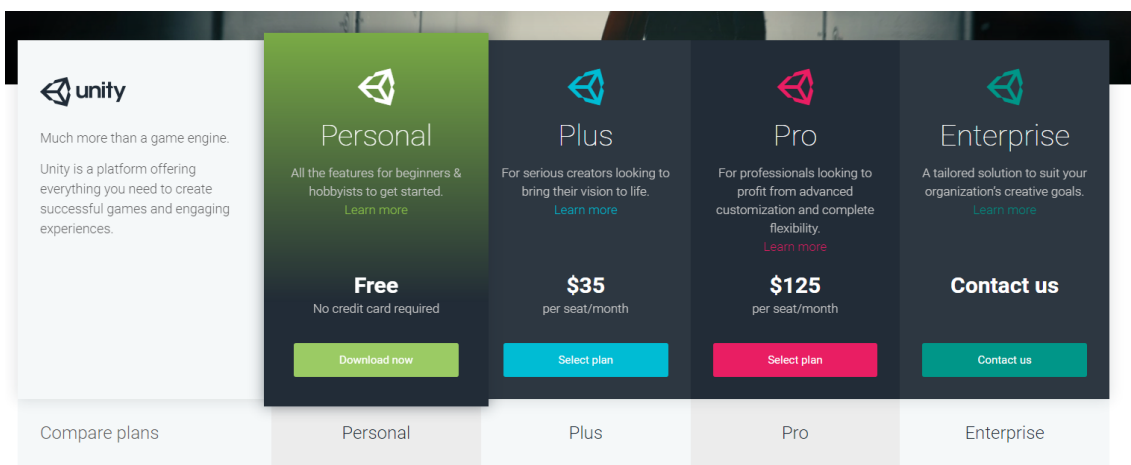


Figura 34: Descarga de la aplicación Unity 2.

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

**2- Segundo paso:** Una vez descargado el programa, se ubica en la carpeta de destino de la descarga y se procede a ejecutar en modo administrador el ejecutable de la aplicación “*UnityDownloadAssistant-5.5.0f3*” y se procede a instalar la aplicación.

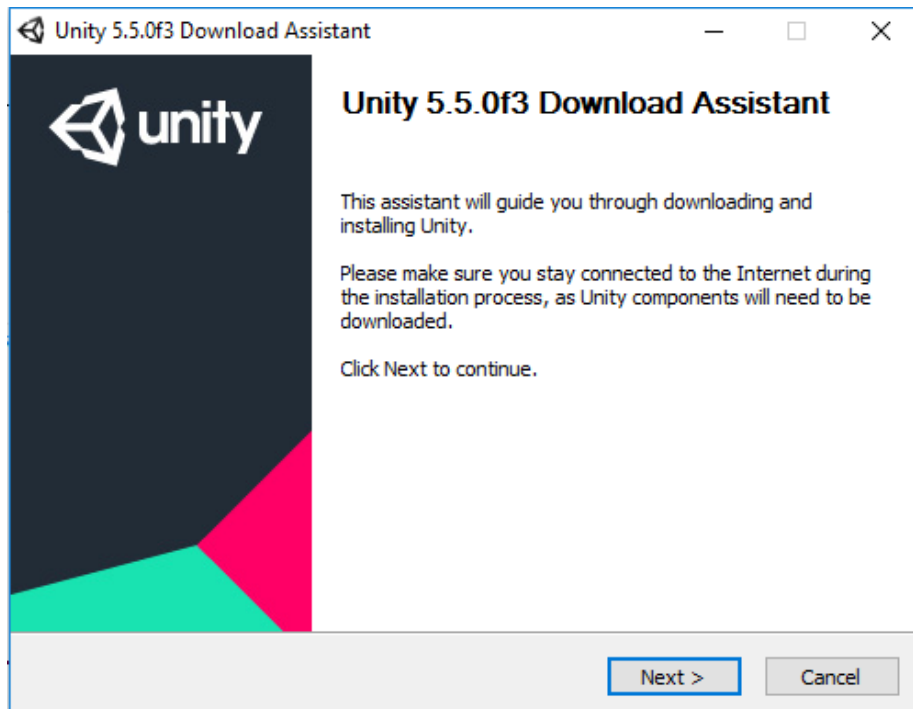


Figura 35: Instalación de la aplicación Unity 3D.

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

No se obviarán ninguno de los paquetes, este programa automáticamente instalará todos sus requerimientos y descargará todo lo pertinente para su buen funcionamiento.

**3- Tercer paso:** Ya con la aplicación instalada, por defecto en el escritorio aparecerá el icono ejecutable de Unity, al pulsarlo se iniciará un proceso de registro con correo electrónico, una vez seguidos los pasos para el registro, se procede a crear un nuevo proyecto 3D, pulsando “*Create Project*”.

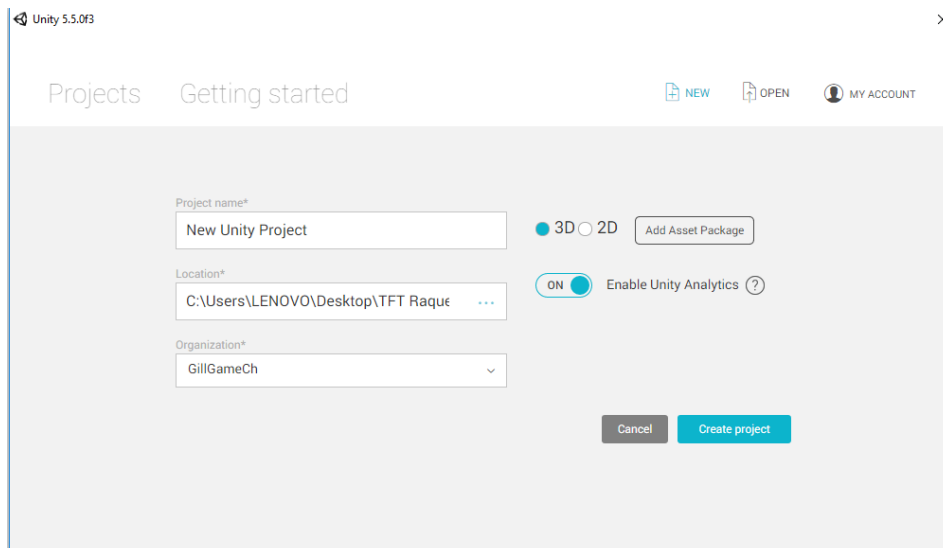


Figura 36: Creando proyecto con Unity 3D

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

### Anexo 3: Instalación de Sketchup Pro

1- **Primer paso:** Entrar a la página oficial de Sketchup Pro (<http://www.sketchup.com/es>) y seleccionar el botón “Descargar Sketchup”, una vez en la página de descarga rellenamos el formulario que nos aparece.



Figura 37: Descarga de la aplicación Sketchup

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

Entonces seleccionamos “Proyectos personales”, llenamos los datos y seleccionamos nuestro sistema operativo actual.

Figura 38: Descarga de la aplicación Sketchup 2.

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

**2- Segundo paso:** Una vez descargado el programa, se ejecuta el modo administrador presionando el botón derecho del mouse en “SketchUp Pro-2016-1-1449-80432-es-x64” y se procede a instalar la aplicación.

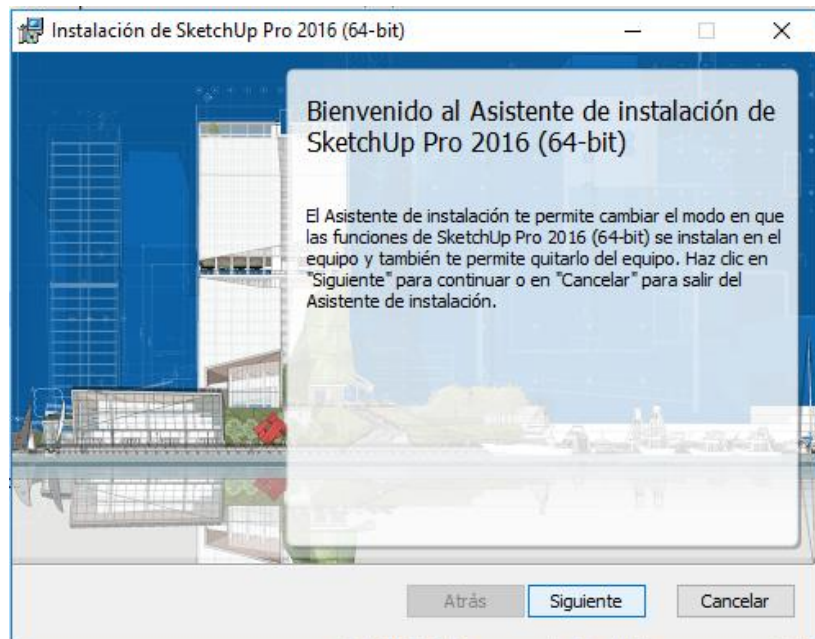


Figura 39: Instalación de la aplicación Sketchup Pro

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

**3- Tercer paso:** Ya con la aplicación instalada le damos click en el icono Sketchup, para abrir el programa y comenzar a editar y renderizar nuestras imágenes y escenas.

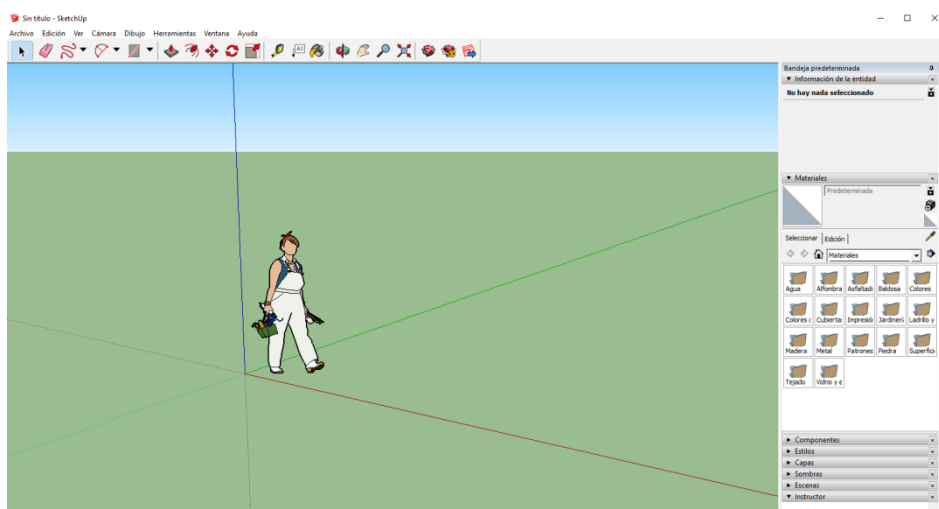


Figura 40: Aplicación Sketchup Pro

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

#### Anexo 4: Creando proyecto en Unity acoplando las librerías de ARToolkit

**1- Primer paso:** Para poder usar el ARToolkit en Unity 3D, se debe primero importar todas las librerías, para ello, posicionaremos el mouse en la parte superior de la ventana de edición de Unity en la pestaña “Assets”, luego en “Import Package” nos situamos con el cursor y pulsamos “Custom Package”, ubicamos el paquete antes descargado de ARToolkit “ARUnity5-5.3.2” y aceptamos. Automáticamente el Unity instalara todas las librerías del ARToolkit, para poder usarlas para el proyecto.

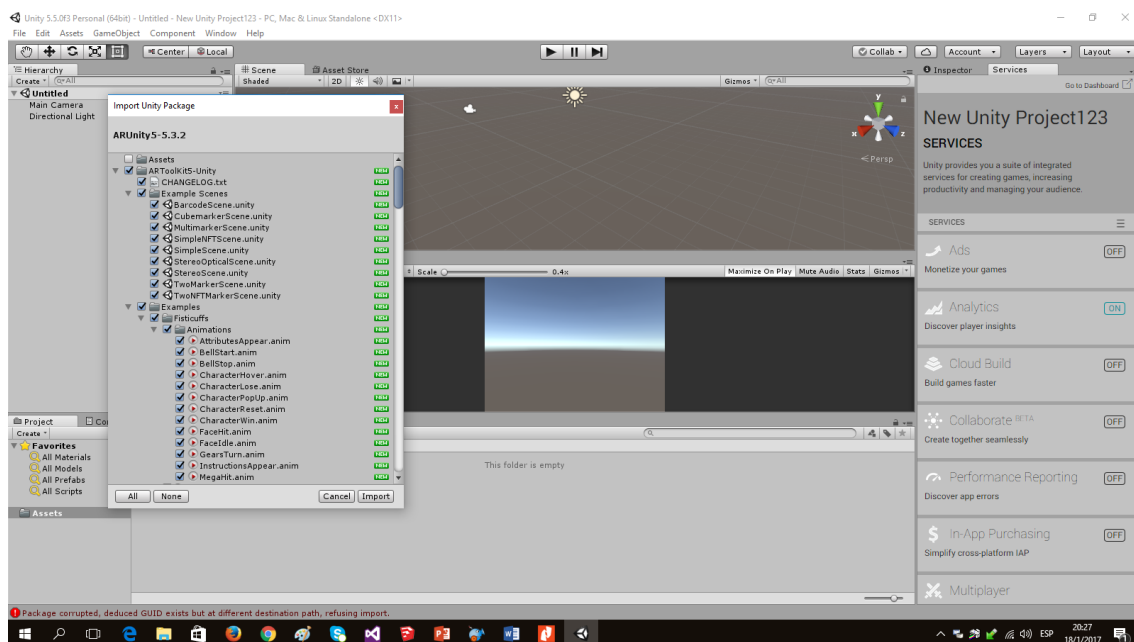


Figura 41: Importando paquetes de ARToolkit

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

**2- Segundo paso:** Ya teniendo los paquetes de ARToolkit instalados en el Unity, debemos crear y configurar la escena para poder obtener una visión de los scripts usados para la realidad aumentada. Ubicando la pestaña de “GameObject” y pulsando “CreateEmpty”, se obtendrá el primer archivo para comenzar a trabajar con la muestra.

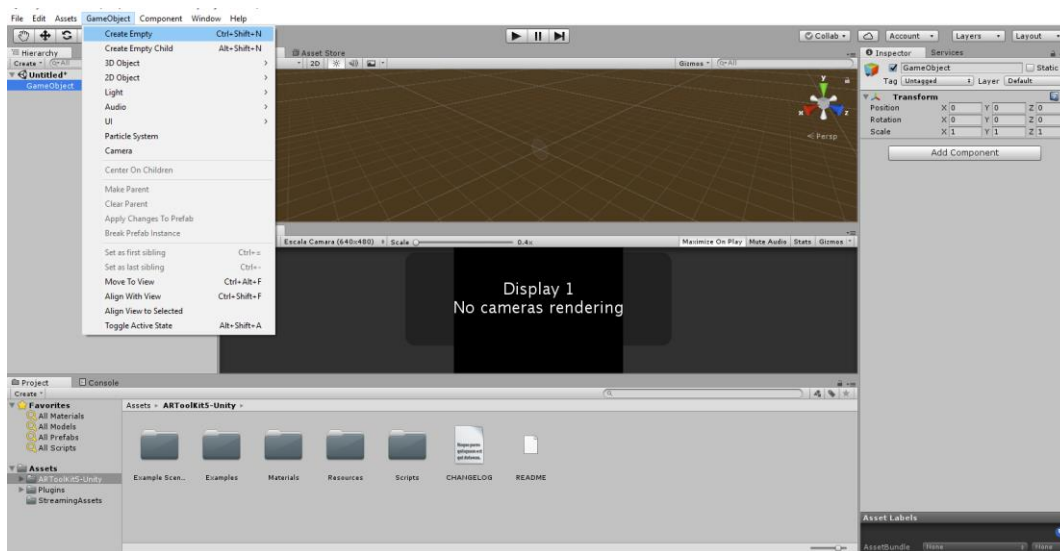


Figura 42: Creado ejemplo de implementación de la librería de ARToolKit en Unity.

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

Entonces, pulsando encima del “*GameObject*” con el clic derecho para crear otro “*GameObject*” y dentro del segundo, crearemos otro, así mismo, se pulsará en la última opción “*Camera*” y ya tendríamos nuestra base de configuración.

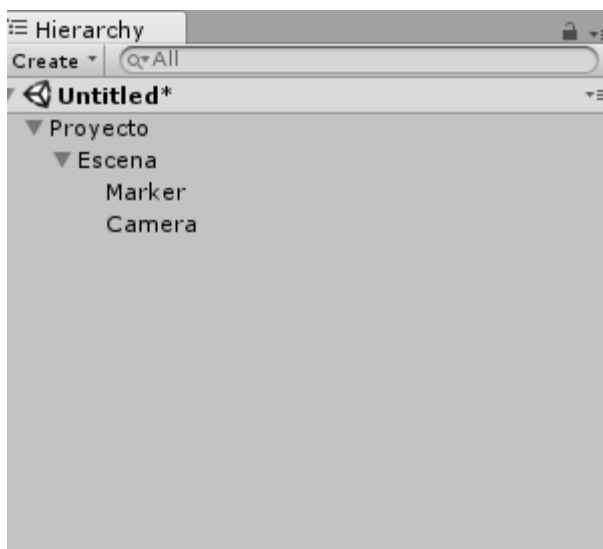


Figura 43: Creación y configuración de la escena

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

**3- Tercer paso:** dentro de cada objeto de juego o *GameObject*, se introducirá un script específico ubicado en la carpeta “*Assets/ARToolKit5-Unity/Scripts*”, dentro se observan los diferentes códigos implementados para la

realidad aumentada. Se procede a introducir cada uno de los scripts en cada *GameObject*, de la siguiente manera:

Proyecto:

- *ARController*.
- *ARMarker*

Escena:

- *AROrigins*.

Marker:

- *ARTrackedObject*

Camera:

- *ARCamera*

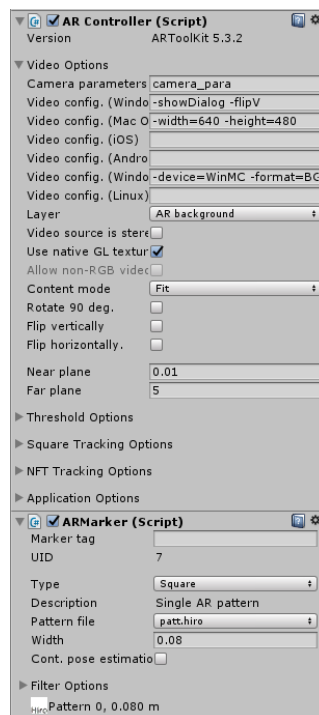


Figura 44: inspector del Unity 3D

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

**4- Cuarto paso:** posicionando el cursor encima de “*Marker*” y pulsando clic derecho, en la opción “*3D Object*”, seleccionamos “*Cube*” y Unity creara un objeto dentro de “*Marker*” llamado “*Cube*”. Este objeto por medio del marcador será el que se refleje en el entorno creando Realidad aumentada.



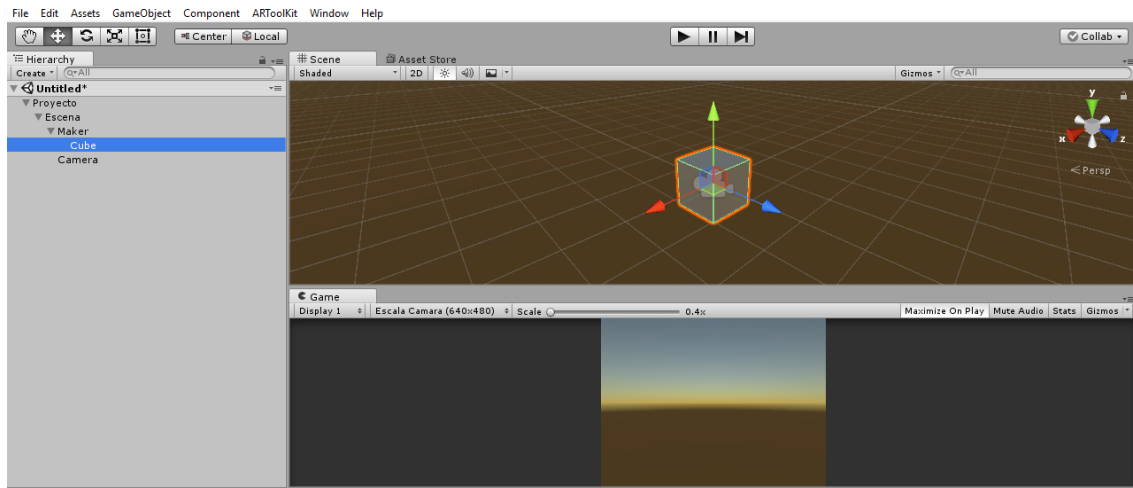


Figura 45: Creando un objeto 3D.

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

Se debe realizar una configuración del “Layer”, ubicado en la esquina superior derecha.

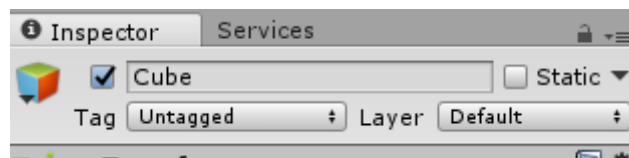


Figura 46: Configuración de los Layer de los objetos.

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

Se debe configurar de la siguiente manera:

Proyecto:

- *AR background*

En esta sección, se hará una configuración en el script de “ARmarker”, en “Marker Tag”, se dará el nombre del objeto que se encuentra después del de la escena, en este caso “Maker”. Esto se realiza para que se pueda usar la marca predeterminada de *ARToolKit* en la visualización del cubo

Escena:

- *AR foreground*

Marker:

- *AR foreground*

Camera:

- AR foreground
- Cube:
- AR foreground

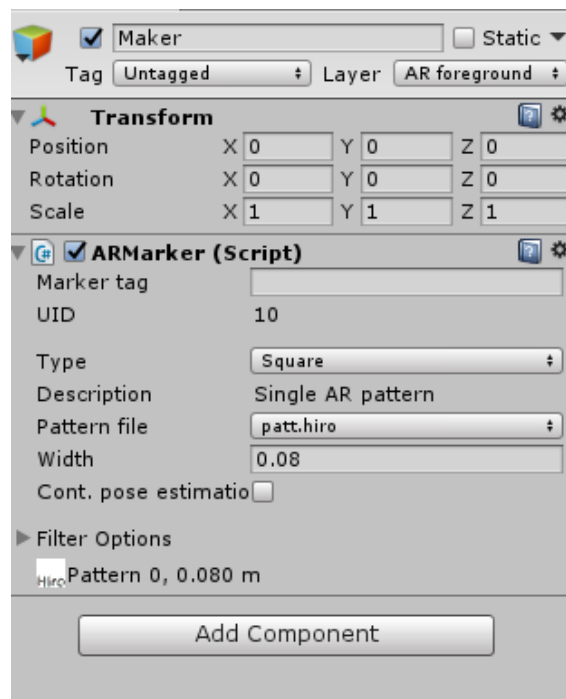


Figura 47: Configuración de los Layer de los objetos y del marcador.

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

**Anexo 5:** Muestras de las escenas, aplicación y ejemplos con prueba humana.

En el siguiente segmento detallaremos los modelos de ropa y escenas, los cuales son usados en el modelo final de la aplicación. Además, se mostrarán los ejemplos de las prendas deportivas con un modelo humano

- Botón de inicio

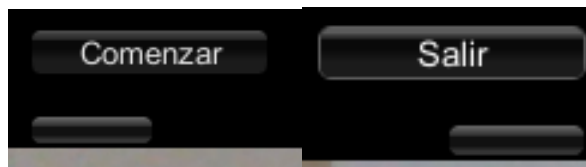


Figura 48: Botón comenzar y salir de la aplicación

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

- Botones de cambio de ropa.

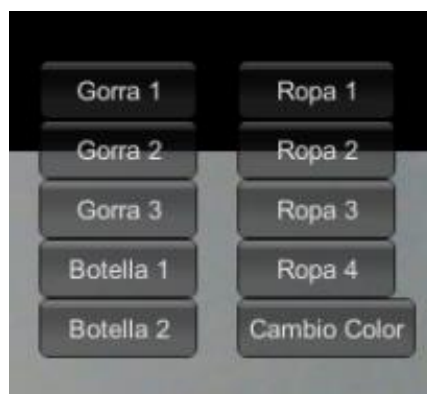


Figura 49: Botones de cambio de ropa

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

- Botones de posición y tamaño.



Figura 50: botones de posición y tamaño

Fuente: Raquel Lanche  
Elaborado por: Raquel Lanche

- Modelo de ropa 1

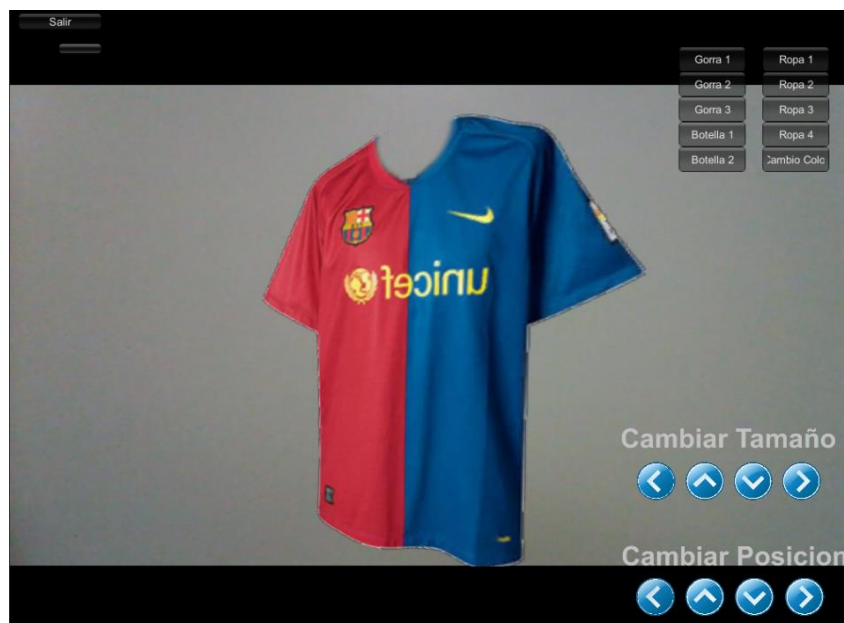


Figura 51: Ropa 1, modelo hombre

Fuente: Raquel Lanche  
Elaborado por: Raquel Lanche

- Modelo de ropa 2



Figura 52: Ropa 2, modelo hombre

Fuente: Raquel Lanche  
Elaborado por: Raquel Lanche

- Modelo de ropa 3

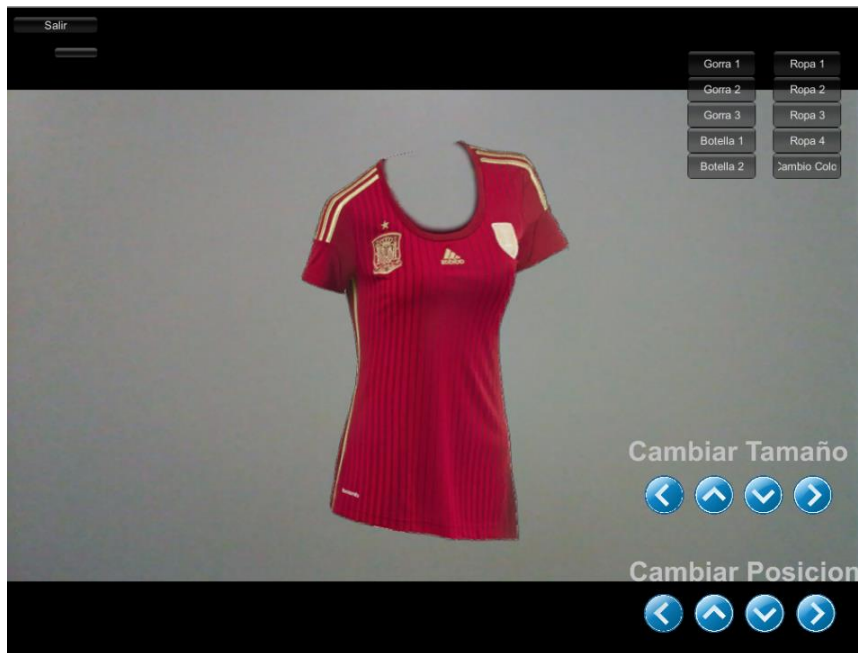


Figura 53: Ropa 3, modelo mujer  
 Fuente: Raquel Lanche  
 Elaborado por: Raquel Lanche

- Modelo de ropa 4

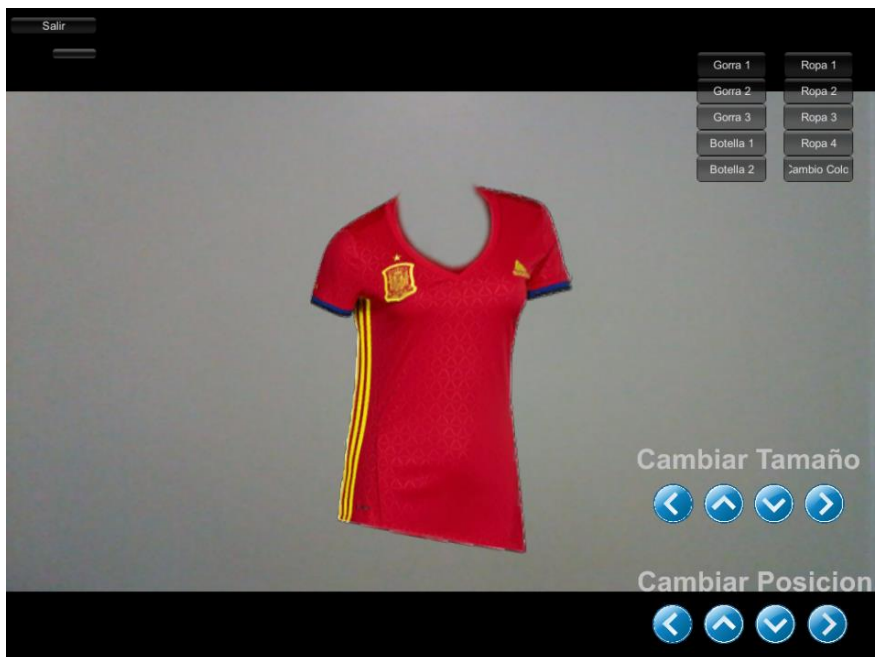


Figura 54: Ropa 4, modelo mujer  
 Fuente: Raquel Lanche  
 Elaborado por: Raquel Lanche

- Modelo de Botella de agua

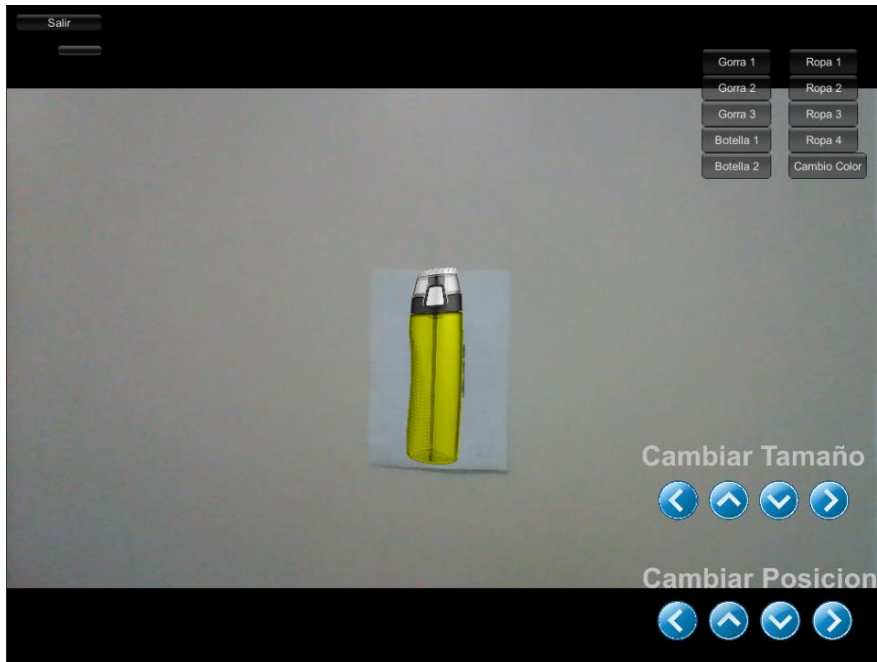


Figura 55: Botella 1

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

- Modelo de Gorra

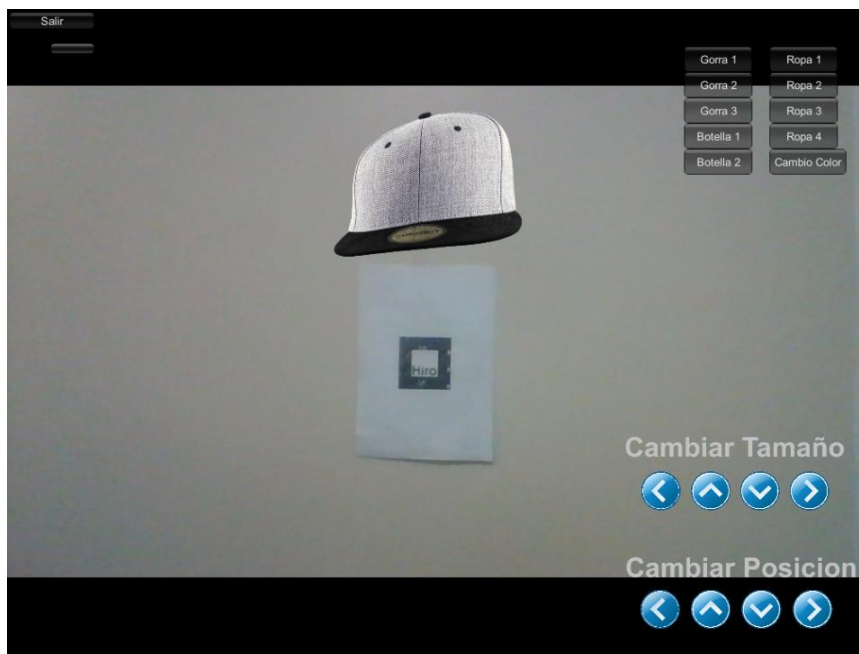


Figura 56: Modelo 1 Gorra

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

- Modelo de ropa 1, con modelo



Figura 57: Ropa modelo hombre 1. Con persona

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche

- Modelo de ropa 2, con modelo



Figura 58: Ropa modelo hombre 2. Con persona

Fuente: Raquel Lanche

Elaborado por: Raquel Lanche



## **Anexo 6: Descripción de la Empresa**

### **Empresa Foudmu SL**

La presente investigación se enfoca en las actividades que presta la empresa Foudmu SL, la que servirá como caso de estudio para personalización de implementos deportivos mediante técnicas de realidad.

La empresa fue creada el 18 de enero de 2010, con el propósito del desarrollo, tendencia y gestión de plataformas y comunidades virtuales, así como de espacios globales a través de internet destinados a emprendedores en los ámbitos empresarial, financiero y económico, etc.

El uso de una aplicación de técnicas y aplicaciones que permitan la personalización de implementos deportivos se desarrollará con el apoyo de esta empresa "Foudmu SL"; situada en la ciudad de Barcelona, enfocada en la búsqueda de emprendedores con proyectos en desarrollo.

La empresa cuenta con una amplia cobertura de tiendas las cuales solicitan sus servicios para desarrollar aplicaciones que solucionen sus necesidades, se recibe la solicitud de una tienda de artículos deportivos la cual expresa su necesidad de obtener una aplicación para personalizar sus productos.

En la actualidad la empresa solicitante cuenta con un sistema que registra todos los procesos de adquisición y venta de los artículos. Con la intención de dar un impulso a las ventas de sus productos, la tienda solicita un software para elaborar productos "personalizados".



## **Anexo 6:** Productos y artículos de Fomdu

Fomdu es una empresa que se basa en la creación, desarrollo, tenencia y gestión de plataformas y comunidades virtuales, así como de espacios globales a través de internet destinados a emprendedores en los ámbitos empresarial, financiero y económico, etc.

La Tabla 15 indica los tipos de industria que maneja la empresa Fomdu SL

**Tabla 20:** *industrias que maneja Fomdu SL*

<b>Industrias que maneja Fomdu SL</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad de empresas afiliadas</b>
Internet	323
<i>Mobil</i> (Smartphone)	139
Información y Tecnología	120
<i>Software</i>	102
Publicidad	96
Ocio, viajes y turismo	72

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

La Tabla 16 detalla los diferentes servicios que ofrece la empresa Fomdu SL

**Tabla 21:** *Servicios que ofrece Fomdu SL*

<b>Servicios que ofrece Fomdu SL</b>
Aceleración / Incubación
Contabilidad / Impuestos
Revisión de cuentas
Consulta de trabajo
Crowdfunding
Educación / Formación
Diseño gráfico
Recursos Humanos / Personal

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

La Tabla 17 detalla diferentes tipos de artículos deportivos y tasa de venta.

**Tabla 22:** *Productos y artículos que vende InterSport afiliado a Fomdu SL*

<b>Productos y Artículos Deportivos que ofrece Fomdu SL a través de InterSport</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>	<b>Nombre del producto</b>	<b>Tasa de venta por tipo y modelo de producto</b>
Runing	Calzado	Asics (18)	32%

		Brooks (5)	9%
		Nike (18)	32%
		Adidas (13)	23%
		Pro Touch (2)	4%
	Textil	Adidas (14)	20%
		Nike (24)	32%
		Pro Touch (36)	48%
	Esquis	Atomic (12)	22%
		Firefly (1)	4%
		Fischer (8)	15%
		Head (9)	17%
		Salomon (13)	24%
		Tecno Pro (3)	5%
		Völkl (7)	13%
Esqui	Botas de Esquis	Atomic (14)	28%
		Head (14)	28%
		Salomon (20)	37%
		Tecno Pro (2)	7%
	Complementos	Etirel (2)	3%
		Firefly (8)	13%
		McKinley (10)	19%
		Quiksilver (1)	1%
		Roxy (3)	5%
		Salomon (16)	27%
		Tecno Pro (19)	32%
	Mochilas	McKinley (38)	100%
	Bastones	McKinley (6)	100%
	Sacos	McKinley (20)	100%
	Tiendas	McKinley (10)	100%
	Accesorios	McKinley (18)	100%
Outdoor	Textil	McKinley (35)	85%
		Ternua (6)	15%
	Calzado	ASOLO (2)	8%
		Bestard (2)	8%
		Chiruca (6)	25%
		Etirel (2)	8%
		McKinley (8)	35%
		Salomon (4)	16%
	Niño y Niña	La Sportiva (1)	8%
		McKinley (15)	92%
Futbol	Botas de Fútbol	Adidas (8)	40%
		Nike (12)	60%
	Guantes	Pro Touch (3)	50%
		Uhlisport (3)	50%
	Espinilleras	Pro Touch (2)	67%

		Uhlisport (1)	33%
	Balones	Pro Touch (4)	40%
	Bolsas y accesorio	Pro Touch (6)	60%
Fitnes	Wellness-Pilates	CARE (2)	5%
		DC (1)	3%
		Energetics (37)	92%
	Boxeo	Everlast (30)	56%
	Accesorios Musculación	Energetics (13)	24%
	Protecciones	Energetics (8)	20%
	Bancos Abdominales	BH (2)	23%
		Energetics (7)	77%
Natación	Textil	Arena (4)	20%
		Etirel (16)	80%
	Complementos	TecnoPro (4)	66%
		Arena (2)	34%

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

En la Tabla 18 se aprecia los artículos que poseen la tasa más alta en ventas de la empresa Fomdu SL

**Tabla 23:** *Productos que requieren estar en la presencia de la aplicación*

Productos que requieren la medida de la aplicación	
Descripción	Nombre del Producto
Runing	Nike Air Zoom Span
	Nike Air Zoom Vomero 12
	Puma Ignite
Futbol	Adidas Ace 17
	Camisetas de Equipos variados
Outdoor	Botellas de Agua modelos varios
	Gorras modelos varios

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

## Anexo 7: Encuesta de Requerimientos

### Encuesta de requerimientos de servicio para la empresa Foudmu SL

La presente encuesta será dispuesta a clientes habituales y no habituales de la empresa Foudmu SL, con la finalidad de conocer los requerimientos, funcionalidades y no funcionalidades en la parte de ventas; y como mejorará este segmento con la aplicación propuesta según parámetros establecidos para la nueva estructura del servicio de ventas de artículos deportivos.

1- ¿Compra habitualmente artículos en la tienda?

Sí\_\_\_ No\_\_\_

2- ¿Qué le parece el servicio de atención?

Excelente\_\_\_ Buena\_\_\_ Regular\_\_\_ Mala\_\_\_

3- ¿Cree usted que los probadores de ropa se adaptan a sus necesidades?

Sí\_\_\_ No\_\_\_

4- ¿Le gusta la tecnología?

Sí\_\_\_ No\_\_\_

5- ¿Qué le parece probarse artículos sin necesidad de usar los probadores habituales?

---

---

—

6- ¿Le gustaría comprar sin necesidad de ir a la tienda físicamente?

Sí\_\_\_ No\_\_\_

7- ¿Ha usado alguna vez la Realidad Aumentada?

Sí\_\_\_ No\_\_\_

8- ¿Estaría dispuesto a comprar ropa a través de probadores con Realidad Aumentada?

Sí\_\_\_ No\_\_\_

9- ¿Cree usted que los probadores virtuales pueden llegar a dominar el mercado de las ventas de artículos deportivos?

---



---

La encuesta se realizó a una población de 50 personas durante el periodo de enero, con lo cual se obtuvo que:

**Tabla 24:** *Población de la encuesta*

Tipo de clientes	Cantidad
Cientes Habituales	20
Cientes no habituales	30

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

La Tabla 20 muestra la respuesta de los clientes habituales y no habituales de la empresa Foumdu SL.

**Tabla 25:** *Respuesta de los clientes al requerimiento de la aplicación*

Tabla de respuesta al requerimiento			
Clientes Habituales		Clientes No Habituales	
Cantidad	Funcionalidad	Cantidad	Funcionalidad
3	Creen que no funcionara, debido a que la ropa debe probarse físicamente	5	Creen que no funcionara, debido a que la ropa debe probarse físicamente
10	Les gusta la idea del probador Virtual	35	Les gusta la idea del probador Virtual
7	Creen que sería muy práctico, pero no están del todo seguros	10	Creen que sería muy práctico, pero no están del todo seguros

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche

## Anexo 8: Resultados

La Tabla 21 detalla cuanto es el porcentaje de aceptación de los clientes, con respecto a la implementación de la aplicación

**Tabla 26:** *Resultado de aceptación de la aplicación según los clientes encuestados*

<b>Tabla de aceptación de los clientes</b>		
<b>No aceptaron la implementación</b>	Cantidad	Porcentaje
Clientes habituales	3	10%
Clientes no habituales	2	
<b>Aceptaron la implementación</b>	Cantidad	
Clientes habituales	17	90%
Clientes no habituales	28	

**Fuente:** Raquel Lanche

**Elaborado por:** Raquel Lanche