

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA INFORMACIÓN TURÍSTICA BASADO EN REALIDAD AUMENTADA.

Tesis para optar el Título de Ingeniero de las Telecomunicaciones  
que presenta el bachiller:

**IVÁN ANDRÉS SALAZAR ALVAREZ**

ASESOR: ING. ARTURO GUSTAVO DÍAZ ROSEMBERG

Lima, Febrero del 2013

## Resumen

En la presente tesis se realizará el diseño e implementación de un sistema cuyo objetivo es servir como fuente de información turística interactiva, haciendo uso de la tecnología de Realidad Aumentada para mostrar imágenes en 3D de lugares turísticos del Perú. Para ello se plantea desarrollar un sistema de Realidad Aumentada basada en marcadores, que puedan ser ubicados en folletos, catálogos o libros turísticos, de tal manera que al ser reconocidos por la aplicación muestren una imagen en 3D y se reproduzca un archivo de sonido con la descripción de lo que se está observando. Así mismo para complementar el sistema se incluirá una galería de imágenes sobre el sitio turístico así como una descripción textual. Esta tesis está estructurada de la siguiente manera:

En el primer capítulo se centra en mencionar la evolución de los dispositivos móviles, así como la evolución del campo de la Realidad Aumentada. Luego se detalla la situación actual de los participantes en el negocio de los dispositivos móviles, las aplicaciones que existen hoy en día con Realidad Aumentada y el potencial mercado al cual apuntan, de igual manera se verán ejemplos de aplicaciones en el sector turismo; también se explica las estrategias de promoción turística que existen en algunos países de Sudamérica, centrándonos en el caso de Perú. Seguidamente se menciona la relación entre el turismo y la economía en el Perú. Finalmente se define la motivación y los objetivos.

En el segundo capítulo, se muestra el marco teórico de lo que son sistemas operativos para dispositivos móviles y todo lo relacionado con Realidad Aumentada, definición, elementos, tipos y herramientas de desarrollo.

En el tercer capítulo, analizamos la información para seleccionar el sistema operativo más óptimos así como las herramientas para de desarrollo para Realidad Aumentada. Para el caso de los sistemas operativos se hace un análisis de mercado, así como técnico. Así mismo se compara las herramientas de desarrollo, basándonos en las funcionalidades requeridas para el desarrollo de la aplicación, costo de las mismas, madurez y documentación. Luego del análisis se hace el diseño de la aplicación a través de un diagrama de flujo y diseños gráficos.

En el cuarto capítulo, se muestran las consideraciones sobre la tecnología a ser implementada y relacionada a las herramientas de desarrollo. También se muestran los prototipos implementados y la validación al llevar la aplicación a un número de usuarios.

## **Dedicatoria**

*A Dios por guiarme, darme la calma y seguridad durante la realización de mi tesis.*

*A mis padres, por su amor, apoyo incondicional y sabias palabras en todo momento.*

*A mi hermana, por ser un ejemplo de perseverancia y fortaleza.*



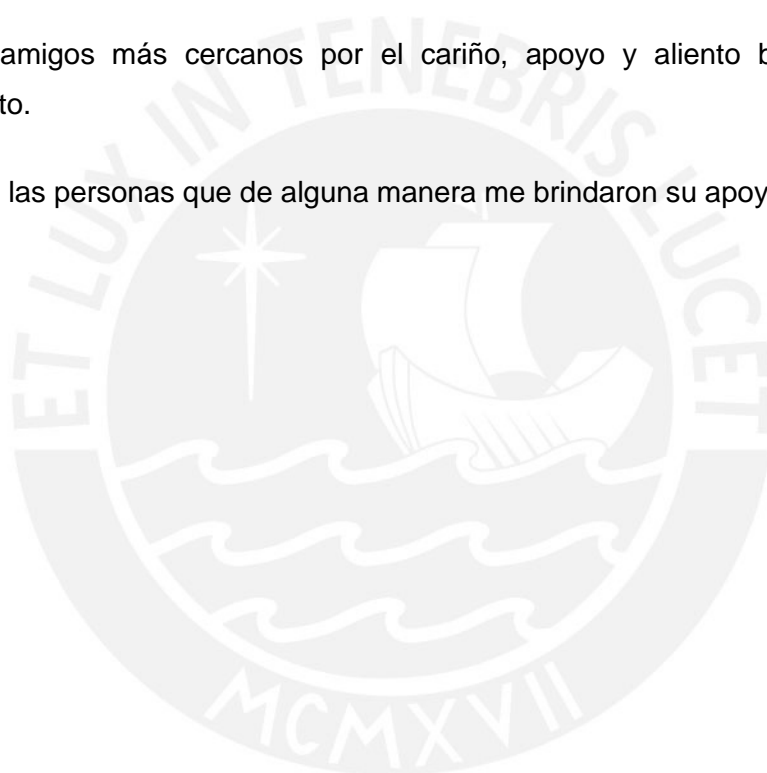
## **Agradecimientos**

A mis padres por siempre estar a mi lado apoyándome, aconsejándome, alentándome y acompañándome a seguir a adelante.

A mi asesor, el Ingeniero Arturo Díaz Rosemberg, por la ayuda brindada durante la realización de esta tesis.

A mis amigos más cercanos por el cariño, apoyo y aliento brindado en todo momento.

A todas las personas que de alguna manera me brindaron su apoyo.

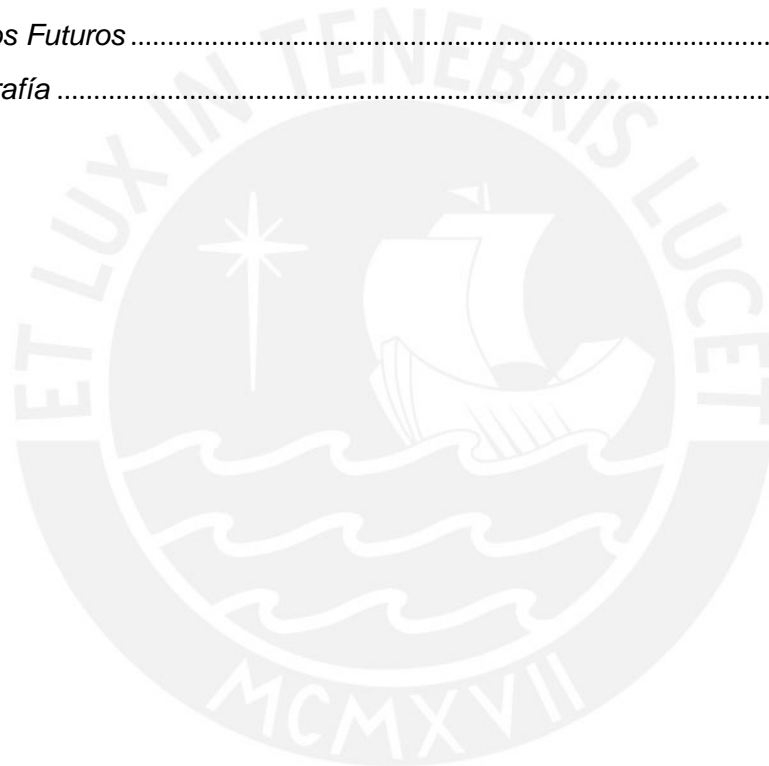


## ÍNDICE

ÍNDICE .....	v
<i>Lista de Figuras</i> .....	viii
<i>Lista de Tablas</i> .....	x
<i>Glosario</i> .....	xi
<i>Introducción</i> .....	12
<i>Capítulo 1 Estado del Arte</i> .....	13
1.1 Antecedentes .....	13
1.1.1 Aplicaciones y Dispositivos Móviles .....	13
1.1.2 Antecedentes históricos en el campo de la Realidad Aumentada .....	14
1.2 Situación Actual .....	17
1.2.1 Mercado de Aplicaciones Móviles .....	17
1.2.2 Campos de Aplicación de Realidad Aumentada .....	20
1.2.3 Turismo y Economía .....	23
1.2.4 Aplicaciones con Realidad Aumentada en dispositivos móviles para el Turismo .....	25
1.2.5 Motivación .....	26
1.2.6 Objetivos .....	26
<i>Capítulo 2 Marco Teórico</i> .....	28
2.1 Sistema Operativos Móviles .....	28
2.1.1 Android.....	28
2.1.2 iOS.....	29
2.1.3 Blackberry OS.....	29
2.1.4 Windows Phone OS.....	30
2.2 Realidad Aumentada.....	30
2.2.1 Definición .....	30
2.2.2 Elementos del sistema .....	31
2.2.2.1 Elemento Capturador .....	32
2.2.2.2 Elemento de Situación .....	32
2.2.2.3 Elemento Procesador .....	33
2.2.2.4 Elemento sobre el cual proyectar .....	33
2.2.3 Dispositivos para el desarrollo de Realidad Aumentada .....	33
2.2.4 Clasificación de sistemas de Realidad Aumentada .....	34

2.2.4.1 Sistemas basados en el reconocimiento de marcas .....	34
2.2.4.2 Sistemas basados en geolocalización.....	34
2.2.4.3 Sistemas basados en el reconocimiento de formas.....	34
2.2.5 Herramientas de desarrollo para Realidad Aumentada .....	35
2.2.5.1 Entorno de Desarrollo Integrado .....	35
2.2.5.1 Frameworks para Realidad Aumentada.....	35
<i>Capítulo 3 Análisis y Diseño.....</i>	<i>38</i>
3.1 Análisis de los Sistemas Operativos Móviles .....	38
3.1.2 Análisis de Mercado.....	38
3.1.2 Análisis Técnico.....	40
3.2 Análisis de Herramientas para Realidad Aumentada .....	41
3.3 Análisis de los requerimientos de la aplicación .....	42
3.3.1 Requerimientos Funcionales .....	42
3.3.1.1 Reconocimiento de marcas.....	42
3.3.1.2 Visualización de imágenes en 3D .....	42
3.3.1.3 Reproducción de audio con información.....	42
3.3.1.4 Visualización de una galería de imágenes .....	42
3.3.1.5 Visualización de texto informativo .....	43
3.3.2 Requerimientos No Funcionales.....	43
3.3.2.1 Fiabilidad .....	43
3.3.2.2 Facilidad de Uso .....	43
3.4 Diagrama de Flujo .....	43
3.5 Análisis de Marcadores .....	45
3.5.1 Estructura de los Marcadores .....	45
3.5.2 Estructura de reconocimiento de marcas.....	46
3.5.3 Consideraciones adicionales.....	47
3.6 Imágenes 3D.....	48
3.7 Diseño de Interfaz de Usuario .....	49
<i>Capítulo 4 Construcción y Validación .....</i>	<i>52</i>
4.1 Elaboración de marcadores .....	52
4.2 Obtención de imágenes 3D.....	53
4.3 Almacenamiento de archivos.....	54
4.3 Llamada a funciones nativas .....	55
4.3 Manifiesto general del programa.....	56

4.5 Prototipos .....	56
4.5.1 Menú Inicial .....	56
4.5.2 Realidad Aumentada .....	57
4.5.2 Galería de Imágenes .....	58
4.5.3 Acerca De .....	59
4.5 Validación .....	60
4.5.1 Validación No Funcional.....	60
4.5.1 Validación Funcional.....	63
<i>Conclusiones</i> .....	64
<i>Recomendaciones</i> .....	65
<i>Trabajos Futuros</i> .....	66
<i>Bibliografía</i> .....	67



## Lista de Figuras

### CAPITULO 1

FIGURA 1.1: Primer HMD.....	15
FIGURA 1.2: Sensorama .....	15
FIGURA 1.3: Arquitectura del Sistema NAVICAM.....	16
FIGURA 1.4: Equipamiento del Sistema BARS .....	17
FIGURA 1.5: Mercado de Sistemas Operativos para Dispositivos Móviles, primeros 3 cuartos del año.....	19
FIGURA 1.6: Reality Fighters, juego para PS Vita .....	20
FIGURA 1.7: Sistema Solar en Realidad Aumentada para Educación .....	21
FIGURA 1.8: Lentes de contacto con Realidad Aumentada .....	22
FIGURA 1.9: Aplicación basada en Realidad Aumentada 1 .....	22
FIGURA 1.10: Aplicación basada en Realidad Aumentada 2.....	23
FIGURA 1.11: Logo: Marca País .....	24
FIGURA 1.12: Guía VISA Aeropuerto: Portada .....	25
FIGURA 1.13: Guía VISA Aeropuerto: Contenido .....	25

### CAPITULO 2

FIGURA 2.1: Continuo de Milgram.....	31
FIGURA 2.2: Marcador para Realidad Aumentada .....	32

### CAPÍTULO 3

FIGURA 3.1: Diagrama de Flujo.....	44
FIGURA 3.2: Componentes de un marcador.....	45
FIGURA 3.3: Imagen en blanco y negro, sin saturación.....	46
FIGURA 3.4: Marcador convertido a matriz de 16x16 pixeles con valores de 0-25547	
FIGURA 3.5: Marcador Simple .....	47
FIGURA 3.6: Marcador Complejo.....	48
FIGURA 3.7: Diseño Menú Inicial.....	49
FIGURA 3.8: Diseño Iniciar Realidad Aumentada .....	50
FIGURA 3.9: Diseño Galería de Imágenes.....	50
FIGURA 3.10: Diseño Texto Informativo .....	51



**CAPÍTULO 4**

FIGURA 4.1: Marcador 1 .....	53
FIGURA 4.2: Marcador 2 .....	53
FIGURA 4.3: Imagen 3D: Pirámide Menor .....	54
FIGURA 4.4: Imagen 3D: Pirámide Mayor .....	54
FIGURA 4.5: Almacenamiento de archivos .....	55
FIGURA 4.6: Funciones Nativas.....	55
FIGURA 4.7: Prototipo: Menú Inicial .....	56
FIGURA 4.8: Detección de Marcador .....	57
FIGURA 4.9: Superposición de imagen en 3D.....	57
FIGURA 4.10: Colección de Imágenes.....	58
FIGURA 4.11: Selección de Imagen.....	59
FIGURA 4.12: Texto Informativo .....	60
FIGURA 4.13: Facilidad de uso de la aplicación.....	61
FIGURA 4.14: Fiabilidad de la aplicación.....	61
FIGURA 4.15: Encuesta de la apreciación de la aplicación.....	62
FIGURA 4.16: Encuesta del uso frecuente.....	62



## *Lista de Tablas*

### ***CAPÍTULO 1***

TABLA 1 - 1: Cantidad de dispositivos móviles vendidos a usuarios finales por Sistema Operativo.....	19
--	----

### ***CAPÍTULO 2***

TABLA 2 - 1: Información General Sistema Operativo Android.....	29
TABLA 2 - 2: Información General Sistema Operativo iOS.....	29
TABLA 2 - 3: Información General Sistema Operativo RIM Blackberry .....	30
TABLA 2 - 4: Información General Sistema Operativo Windows Phone.....	30
TABLA 2 - 5: Entornos de Desarrollo para Sistemas Operativos Móviles .....	35

### ***CAPÍTULO 3***

TABLA 3 - 1: Cantidad de dispositivos móviles vendidos a usuarios finales por Sistema Operativo en lo primero tres cuarto del año .....	39
TABLA 3 - 2: Comparación técnica entre sistemas operativos Android y iOS.....	40
TABLA 3 - 3: Comparación de frameworks para Realidad Aumentada .....	41
TABLA 3 - 4: Relación: tamaño del marcador y distancia reconocible.....	48

### ***CAPÍTULO 4***

TABLA 4 - 1: Validación de requerimientos funcionales.....	63
--	----

## Glosario

API	Application Programming Interface
AVDM	Android Virtual Device Manager
BARS	Battlefield Augmented Reality System
GPS	Global Positioning System
HMD	Head-mounted Display
HUD	Head-Up Display
IDE	Integrated Development Environment
iOS	Sistema Operativo de Apple
min3D	Framework para desarrollo 3D
NDK	Native Development Kit
NyARToolkit	Framework para Realidad Aumentada
RIM	Research In Motion
RA	Realidad Aumentada
SDK	Software Development Kit

## ***Introducción***

El creciente mercado de los dispositivos móviles y de las aplicaciones móviles, han hecho que tecnologías que antes se pensaban solo de laboratorio hoy en día las podamos tener en nuestras manos. Los ámbitos para los cuales se desarrollan las aplicaciones para dispositivos móviles son totalmente variados, desde aplicaciones para entretenimiento hasta aplicaciones para entrenamientos de profesionales. La Realidad Aumentada es una de estas tecnologías que paso de laboratorio a su masificación en aplicaciones para dispositivos móviles, y sus ámbitos de aplicación son igualmente variados. Por ser una herramienta interactiva y que llama la atención es muy utilizada para publicidad, marketing y turismo; ya que crea la sensación en el usuario de ver a través de su pantalla algo que en realidad no existe.

El turismo en Perú es una actividad muy importante y es reconocido a nivel mundial debido a la gran variedad de atractivos turísticos. Sin embargo esto no es motivo para no seguir innovando y encontrar la manera como mejorar la forma de llevar la información turística al usuario, haciéndola manera más interactiva y llamativa. Es aquí donde se junta la tecnología de Realidad Aumentada y el turismo, esto a través de una aplicación móvil que nos ayudará a llegar a la mayor cantidad de turistas posibles.

La presente Tesis tiene por objetivo el diseño e implementación de un sistema para información turística basado en Realidad Aumentada, orientado a dispositivos móviles. Con el fin de que la experiencia del turista con los clásicos folletos, catálogos o libros turísticos pase a ser más llamativa e interactiva. El sistema involucra la elección de un sistema operativo en el cual se desarrollará la aplicación así como un conjunto de herramientas para el desarrollo de Realidad Aumentada. La aplicación debe ser fácil e intuitiva de utilizar de tal manera que cualquier tipo de usuario sea capaz de operarla.

## **Capítulo 1**

### **Estado del Arte**

#### **1.1 Antecedentes**

##### **1.1.1 Aplicaciones y Dispositivos Móviles**

Desde que en 1956, las empresas Suecas de telecomunicaciones TeliaSonera y Ericsson, crearon el primer sistema completo y autónomo de telefonía móvil [1], los teléfonos móviles han evolucionado de tal manera, que hoy en día son un elemento indispensable en el día a día de las personas. Esta evolución ha significado cambios no solo a nivel de hardware sino a nivel de software también, dándole valor agregado a lo que empezó solo como un medio de comunicación.

Los celulares de primera generación eran diseñados y desarrollados, a nivel de hardware y software, por la misma compañía fabricante de dispositivos móviles. La competencia era intensa y los secretos comerciales estaban estrechamente guardados, las compañías no querían exponer los secretos de sus dispositivos por lo tanto el desarrollo de software para sus equipos era realizado dentro de la misma compañía [2]. Este modelo de negocio, dejaba completamente afuera a los desarrolladores de aplicaciones para dispositivos móviles.

Las primeras aplicaciones en dispositivos móviles aparecen al final del siglo 20, llamaremos aplicaciones móviles a aquellos programas que realicen otras actividades aparte de las que conocemos como llamadas telefónicas, envío y recepción de mensajes de texto y servicio de mensajería de voz.

Nokia se hizo famoso cuando en 1970 puso el ahora conocido juego *Snake* en sus dispositivos móviles [2]. Con el inicio del siglo 21, el crecimiento en el mercado de aplicaciones móviles dio un gran salto. Con las nuevas tecnologías de comunicación móvil y las nuevas funcionalidades que se iban presentando en los dispositivos, las aplicaciones móviles tenían más recursos de donde sustentarse para ser más atractivas y por ende empezaron a jugar un papel importante dentro del negocio de los dispositivos móviles.

El modelo en el cual el fabricante desarrollaba tanto hardware como software fue desapareciendo y empezaron los desarrollos por parte de terceros. Incluso, pasaron a tener más importancia las empresas desarrolladoras de Sistemas Operativos y ya no los fabricantes. Es así que en julio del 2008, la empresa Apple decide lanzar el iPhone App Store, con 500 aplicaciones y la posibilidad que desarrolladores externos suban sus aplicaciones para que sean descargados por otros usuarios; el resultado fue 10 millones de aplicaciones descargadas en la primera semana del lanzamiento. Siguiendo esta estrategia Google lanzó el Android Market, Research In Motion (RIM), Blackberry App World; Nokia, OVI Store y Microsoft, Windows Phone Market Place [3].

### 1.1.2 Antecedentes históricos en el campo de la Realidad Aumentada

El término Realidad Aumentada (RA) es relativamente nuevo y resulta de una serie de investigaciones que se remonta a principios del siglo XX. Si bien existen diversas definiciones sobre RA, podemos concluir que esta es una tecnología que consiste en incluir información artificial en el mundo real y que puede ser vista por el usuario a través de algún dispositivo [4].

Algunos hechos importantes que forman parte de los antecedentes del campo de las realidades mixtas y virtuales son:

- **1916:** Albert B. Pratt patenta un sistema de periscopio que se monta sobre la cabeza de un usuario (Figura 1.1). Este fue considerado el primer Head-mounted Display (HMD) de la historia [5].

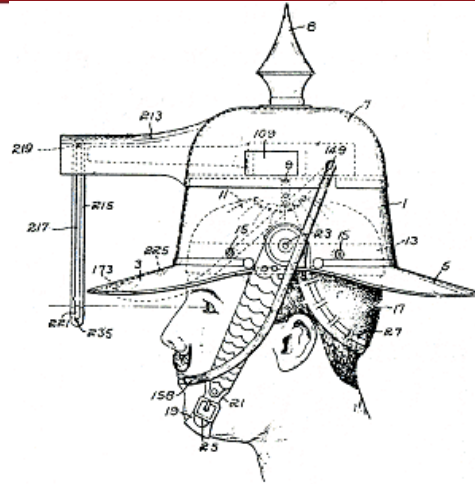


FIGURA 1.1: Primer HMD

FUENTE: [6]

- **1954:** Fred Fawler inventa el Cinerama. Ese era un cine dotado con pantallas curvas 180° dotando de profundidad a las proyecciones, consiguiendo un efecto más realista [6].
- **1956** Morton Heig desallora el Sensorama. Constaba de un video grabado en estereoscopía, sonido estéreo, una silla vibradora, viento y olor; con esto se pretendía llegar a diferentes sentidos no sólo a la vista [7].

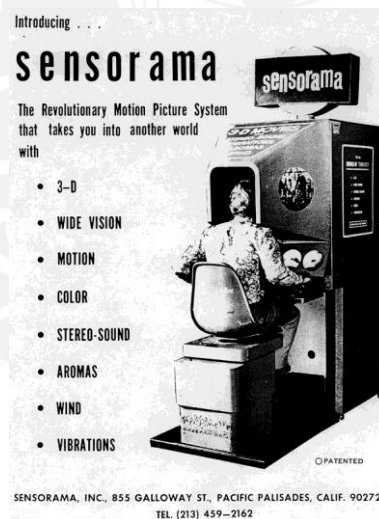
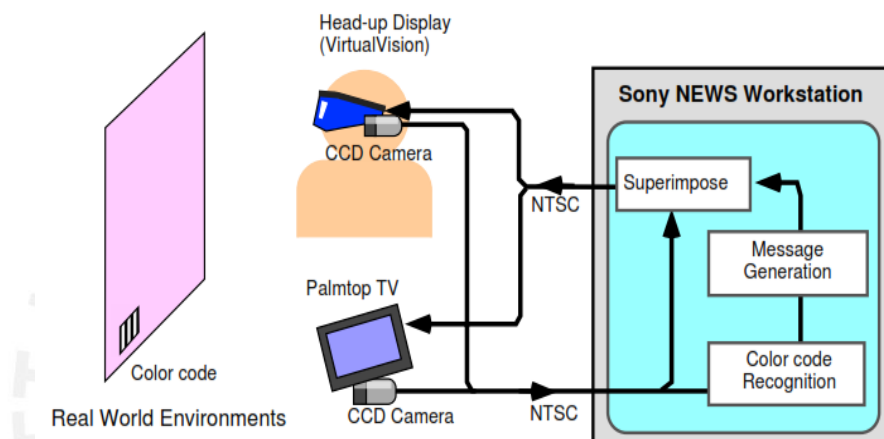


FIGURA 1.2: Sensorama

FUENTE: [7]

- **1981** Tom Furness desarrolla el Super Cockpit, el cual era un casco de vuelo que contaba con un visor en el cual el piloto podía ver información adicional de su aeronave cuando el miraba a puntos específicos de esta [6].

- **1992** Caudell y Mizzel, investigadores de la compañía Boeing, acuñan el término Realidad Aumentada para referirse a los sistemas de visualización que puede añadir imágenes sintéticas a la imagen real [8].
- **1994** Milgram y Kishino definen el Continuo de Milgram, donde grafican los niveles de realidad [4].
- **1995** Rekimoto y Nagao presentan los primeros marcadores para Realidad Aumentada de matriz bidimensional. Desarrollan un sistema llamado NaviCam el cual reconocía marcadores en forma de barras y mostraba información adicional sobre la pantalla [9].

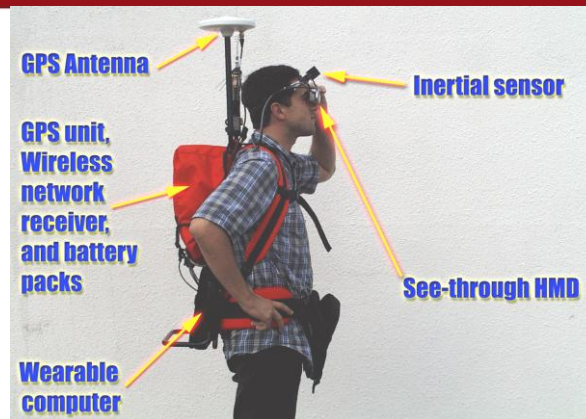


**FIGURA 1.3: Arquitectura del Sistema NAVICAM**

**FUENTE: [9]**

- **1999** H. Kato and M. Billinghurst desarrollan ARToolkit. Una librería de Código abierto para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada [10].
- **2000** Desarrollan BARS (Battlefield Augmented Reality System) un sistema de RA, aplicado al campo de batalla. El cual consta de una computadora portable, un sistema para conexión a redes inalámbricas y un HMD con sistema visor y seguimiento. Este mismo año se publica ARQuake, una versión móvil con Realidad Aumentada del juego de ordenador Quake [11].





**FIGURA 1.4: Equipamiento del Sistema BARS**

**FUENTE: [11]**

- **2002** Kalkusch, Lidy, Knapp, Reitmayr, Kaufmann y Schmalstieg desarrollan una aplicación basada en Realidad Aumentada para ubicación en interiores basado en marcas de la librería ARToolkit [12].
- **2005** Librería ARToolkit ahora es soportada por el sistema operativo para teléfonos móviles Symbian [7].
- **2008** Lanzan la librería NyARToolkit, una extensión de la librería ARToolkit, con soporte para JAVA/C++/Android [13].

Con el desarrollo de librerías de código abierto con soporte para distintos sistemas operativos móviles, las aplicaciones basadas en Realidad Aumentada tuvieron un mejor soporte; así su despliegue y su desarrollo fue creciendo y aplicándose a distintos sectores.

## 1.2 Situación Actual

Según lo visto anteriormente, las empresas desarrolladoras de sistemas operativos y aplicaciones móviles ganaron fuerza a través de los años, al darle un importante valor agregado a los dispositivos móviles. Así mismo el permitir que nuevas tecnologías, como la Realidad Aumentada, puedan formar parte de las aplicaciones para dispositivos móviles, da paso a que se puedan crear nuevas aplicaciones que son más llamativas y mas amigables con el usuario.

### 1.2.1 Mercado de Aplicaciones Móviles.

Hoy en día el mercado de aplicaciones móviles tiene 4 principales participantes (Android, Apple, RIM, Microsoft). Nokia, con su sistema operativo Symbian, era el quinto participante hasta este año, que anunció ya no sacaría más Smartphones

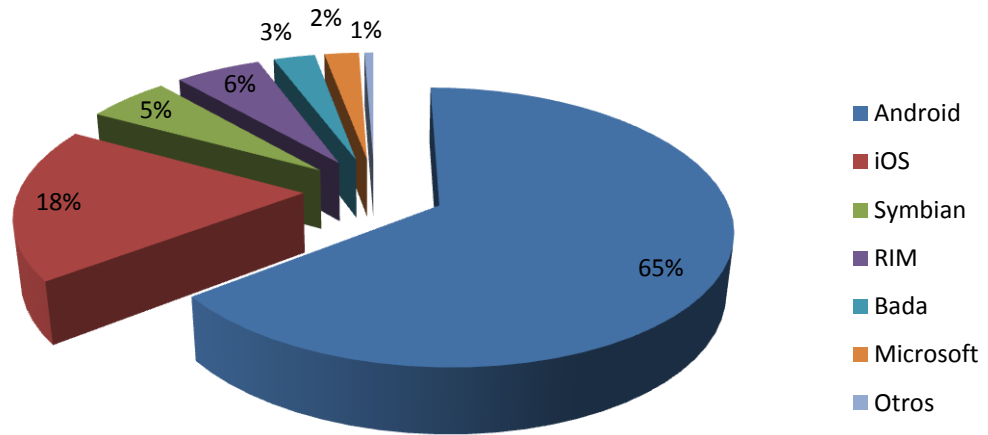
con este sistema operativo y que los haría con el sistema operativo de Microsoft [14]. Cada uno de estos participantes cuenta con una tienda de aplicaciones, las cuales son: Google Play (Android), App Store (Apple), Blackberry App World (RIM), Windows Phone Store (Microsoft) y Nokia Store (Nokia).

App Store cuenta con más de 600,000 aplicaciones para descargar y en marzo de este año celebró el llegar a 25 mil millones de descargas. Google Play contaba con 450,000 a inicios de este año, pero dado su rápido crecimiento se estima que para diciembre de este mismo año cierre con 600,000 aplicaciones disponibles; así mismo para inicios de este año contaba con 15 mil millones de descargas [15]. Windows Phone Store, que cambio de nombre en agosto de este año de Windows Phone Market Place al antes mencionado, en Junio alcanzó las 100,000 aplicaciones disponibles en su tienda [16]. Por su parte Blackberry App World cuenta con 70,000 aplicaciones disponibles y 3 mil millones de descargas [17]. Podemos ver que existen más de un millón de aplicaciones disponibles entre las 4 tiendas y asimismo se han realizado más de 40 mil millones de descargas entre aplicaciones gratuitas y pagadas.

En el 2011 los ingresos por aplicaciones móviles fueron de 8.5 mil millones de dólares, y se estima que para el 2016 esta cifra ascienda a 46 mil millones de dólares. Estos ingresos serán generados por pagos por descargar aplicaciones, pago por complementos de las aplicaciones, suscripciones y publicidad en las mismas [18].

Así mismo es importante ver qué porcentaje del mercado, con respecto a sistemas operativos móviles, tiene cada uno de los participantes. En la Figura 1.5 podemos observar que el líder en el mercado es el sistema operativo Android con 65% del mercado, esto con respecto a las ventas de dispositivos a usuarios finales en los primero tres cuartos del año 2012. Como lo muestra la TABLA 1-2, Android vendió, desde enero hasta septiembre del 2012, 302'076,700 unidades.

### Cuota de Mercado por Sistema Operativo Móvil (Hasta Septiembre 2012)



**FIGURA 1.5: Mercado de Sistemas Operativos para Dispositivos Móviles, primeros 3 cuartos del año**

FUENTE: [19],[20],[21],[Elaboración Propia]

**TABLA 1 - 1: Cantidad de dispositivos móviles vendidos a usuarios finales por Sistema Operativo**

FUENTE: [19],[20],[21],[Elaboración Propia]

Sistema Operativo	Dispositivos Móviles Vendidos (miles)
Android	302076.7
iOS	85605.8
Symbian	25943.3
RIM	26877.3
Bada	13105.7
Microsoft	10857.7
Others	2789.9
<b>Total</b>	<b>467256.4</b>

### 1.2.2 Campos de Aplicación de Realidad Aumentada

Las aplicaciones con Realidad Aumentada han pasado de ser pruebas de laboratorio a aplicaciones que llegan masivamente a todo público. Gracias a las librerías que dan soporte a esta tecnología en dispositivos móviles y la creciente ola por desarrollar software novedosos, las aplicaciones basadas en Realidad Aumentada hoy en día se desarrollan para distintos campos.

En los campos donde podemos encontrar aplicaciones basadas en Realidad Aumentada son:

- **Entretenimiento:** Desde la aparición de ARQuake en el 2000 hasta hoy, la forma de aplicación de Realidad Aumentada ha cambiado bastante. Hoy en día ya no es necesaria la pesada mochila y todos los implementos que se usaba en ARQuake, existen aplicaciones para todo tipo de dispositivo móvil en la cual se utiliza Realidad Aumentada para juegos. Por ejemplo: Ghostviewer de la consola Nintendo DS o Reality Fighters de la consola PS Vita.



FIGURA 1.6: Reality Fighters, juego para PS Vita

FUENTE: [22]

- **Educación:** Es uno de los ámbitos en los cuales se ha estado usando mas las aplicaciones con Realidad Aumentada. Gracias a lo llamativo de la tecnología logra captar la atención de los alumnos y mostrar de manera más interactiva lo que están aprendiendo. Las aplicaciones más comunes son libros con marcadores que representen imágenes en 3D, como por ejemplo el sistema solar.

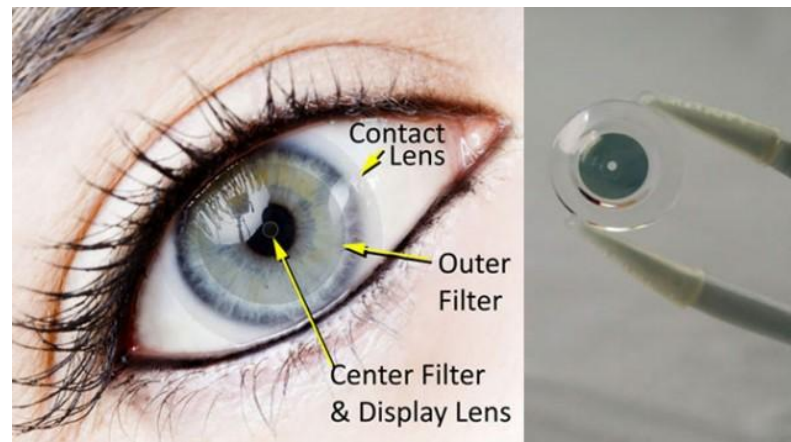


**FIGURA 1.7: Sistema Solar en Realidad Aumentada para Educación**

**FUENTE: [23]**

- **Medicina:** En el campo de la medicina se busca entrenar a nuevos médicos por medio de esta tecnología [24]. Por ejemplo en el entrenamiento a cirujanos busca que estos se ayuden por medio de capas virtuales que les permitan ver algo que está por debajo de la piel o que les permita reconocer órganos o partes del cuerpo [25].
- **Manufactura:** Los sistemas de Realidad Aumentada en este campo son de gran ayuda para ingenieros, técnicos y mecánicos; ya que les provee una ayuda visual sobre las piezas que están operando. Por ejemplo, la empresa alemana BMW lanzó su proyecto BMW Augmented Reality, el cual pretende ayudar a sus ingenieros en las labores de mantenimiento de los autos [26].
- **Militar:** Como en muchos otros campos de la investigación, la industria militar es la gran impulsora de la ciencia. Es por eso que los productos con modernas tecnologías que se convierten en productos de uso masivo, nacieron de investigaciones militares. El campo de la Realidad Aumentada no es ajeno a esta tendencia, la Realidad Aumentada empezó sus desarrollos, con el fin de ayudar a sus pilotos de aviones y posteriormente para proveer de información adicional a sus soldados por medio de alguna pantalla. Algunas aplicaciones son los HMD, que proporcionan de información adicional por medio de una pequeña pantalla y los Head-Up

Display (HUD) que ayudan a los soldados a maniobrar mejor vehículos proveyéndolos de información adicional. También se están desarrollando lentes de contacto con Realidad Aumentada, para uso militar [27].



**FIGURA 1.8: Lentes de contacto con Realidad Aumentada**

**FUENTE: [27]**

- **Turismo:** El campo de turismo ha sido uno de los más explotados últimamente. Gracias a las diversas tecnologías de Realidad Aumentada existen múltiples aplicaciones para ofrecer información turística tanto de ubicación de lugares o información extra de los mismos se ha desarrollado.



**FIGURA 1.9: Aplicación basada en Realidad Aumentada 1**

**FUENTE: [28]**

- **Marketing y Publicidad:** Este ámbito se ha desarrollado gracias a lo novedoso de la tecnología de Realidad Aumentada, empresas como Heinz, Nissan, Hilton y Mercedes-Benz. Han desarrollado folletos con esta tecnología, es decir colocan marcadores que son reconocidos por sus dispositivos y muestran una imagen 3D de algún producto con información adicional.



**FIGURA 1.10: Aplicación basada en Realidad Aumentada 2**

**FUENTE: [29]**

Todos los campos de aplicación, excepto el campo militar (el cual tiene sus propios desarrollos), tienen aplicaciones para dispositivos móviles como lo hemos visto en distintos ejemplos. Es por eso que esta tecnología se ha convertido en una importante fuente de ingreso para los desarrolladores de software para móviles. Es así que se espera que las aplicaciones para dispositivos móviles con Realidad Aumentada generen ingresos por 300 millones de dólares, siendo un atractivo importante para los desarrollos con esta tecnología [30].

### 1.2.3 Turismo y Economía

El turismo a nivel de Latinoamérica ha tenido un gran impulso por parte de los gobiernos en colaboración con empresas privadas. Es tal el incentivo que hoy en día existen campañas de gran envergadura para llamar la atención de turistas extranjeros. Es así que países como Colombia con el lema "el riesgo es que te quieras quedar", ha iniciado una campaña publicitaria que incluye páginas web promocionales, propagandas televisivas, agente de viajes online y avisos en aeropuertos [31]; Venezuela recientemente publicó una página web de turismo la cual hace mención al lema "Venezuela, conocerla es tu destino" [32]; México ha iniciado varias campañas, una de ellas hace énfasis en la cultura Maya [33].

Perú por su parte no se quedó atrás y ha iniciado una gran campaña de marca país; la cual incluye diversos anuncios publicitarios, los cuales hacen referencia a ciudades en el extranjero que tienen el mismo nombre de ciudades peruanas y

cómo se puede llevar la cultura peruana a estas. En la página oficial incluso se dan cifras sobre las inversiones, exportaciones y turismo en el Perú [34]. La primera campaña la cual hace referencia a Peru, Nebraska tuvo un costo de 1,5 millones de dólares [35]. Mientras que la segunda campaña situada en Loreto, Italia tuvo un costo de 4 millones de soles [36]. Esto nos indica el gran interés de parte del Estado por promocionar al país como una marca. Es así que varios productos de exportación lleva el logo de Marca Perú.



**FIGURA 1.11: Logo: Marca País**

**FUENTE: [37]**

El turismo comprende una de las actividades más importante en el Perú, dada la variedad de sitios turísticos que existen, la cantidad de extranjeros que llegan y los ingresos que se generan por estos. En el 2011, llegaron 2'597,803 turistas al Perú y hasta agosto del 2012 llegaron 1'373,183 turistas [38]. La llegada de turistas en el 2011 represento para el Perú un ingreso de 16900 millones de soles representando el 3.5% del PBI del país; se espera que para el 2012 este suba a 3.6% [39].

Si bien a nivel de país se manejan campañas fuertes de publicidad, con videos llamativos, páginas web interactivas e informativas; a nivel local la información que llega al turista está, la mayoría de veces, en folletos en físico repartidos en los sitios turísticos o en el aeropuerto, en páginas web, catálogos con información turística, etc. Que muchas veces se ve contrastada con el gran impacto generado por las campañas a nivel internacional.





**FIGURA 1.12: Guía VISA Aeropuerto: Portada**

**FUENTE: [40]**



**FIGURA 1.13: Guía VISA Aeropuerto: Contenido**

**FUENTE: [40]**

#### 1.2.4 Aplicaciones con Realidad Aumentada en dispositivos móviles para el Turismo

Existen en diversos países aplicaciones basadas en Realidad Aumentada para información turística. A continuación mencionaremos algunas de ellas:

- Aplicación móvil de Realidad Aumentada y geolocalización desarrollada por la Diputación de Málaga y la compañía Orange permitirá a los viajeros que visiten Costa del Sol y prescindir de la tradicional guía en papel, ya que

podrán tener en sus teléfonos la información sobre la oferta del destino. El turista podrá ver un video o escuchar una explicación sobre el monumento que tiene en frente [41].

- En Nueva Escocia han desarrollado un aplicación basada en Realidad Aumentada para una experiencia única de la famosa ruta del Cabo. Un panel puesto en el piso que cuando es apuntado con el dispositivo móvil, en este caso muestra la imagen en 3D de la ruta del cabo [42].
- Río de Janeiro también cuenta con una aplicación que está basada en Realidad Aumentada, se llama Rio de Janeiro : Travel Guide. Identifica sitios turísticos, edificios, rutas, etc. Muestra información sobre estos sobre la pantalla del dispositivo [43].

### 1.2.5 Motivación

El turismo representa una actividad muy importante para la economía peruana, de acuerdo con lo visto en puntos anteriores. Así mismo el constante crecimiento en el mercado de las aplicaciones móviles y el desarrollo de nuevas tecnologías como la Realidad Aumentada y su integración a aplicaciones para dispositivos móviles, resultaron como motivación principal en crear una aplicación para dispositivos móviles que mezcle información turística con la tecnología de Realidad Aumentada para mostrar de manera más interactiva y en tiempo real información sobre algún sitio turístico del país.

Esto con el fin de poder mostrar de manera más interactiva los sitios turísticos del Perú y que generen mayor atracción a los visitantes; así mismo que por medio de esto lograr que los folletos y catálogos turísticos sean más llamativos e interactivos.

### 1.2.6 Objetivos

Podemos definir un objetivo general y cuatro objetivos específicos.

#### Objetivo General

- Diseño e implementación de un sistema para información turística basado en Realidad Aumentada

### Objetivos Específicos

- Análisis del Sistema Operativo móvil más óptimo para desarrollar la aplicación
- Elección de la herramienta de desarrollo de Realidad Aumentada más apropiada
- Diseño e implementación del modulo de Realidad Aumentada.
- Diseño e implementación del modulo de imágenes y texto informativo.



## **Capítulo 2**

### **Marco Teórico**

Debido a que la Realidad Aumentada es un concepto nuevo en el ámbito de la tecnología, y más nuevo aún es su implementación en dispositivos móviles; es importante conocer en primer lugar acerca de los sistemas operativos presentes en el mercado, posteriormente los detalles de lo que es Realidad Aumentada y sus variantes y finalmente las herramientas de desarrollo que permitan incluir Realidad Aumentada en los dispositivos móviles.

#### **2.1 Sistema Operativos Móviles**

##### **2.1.1 Android**

Android es un sistema operativo de Google basado en GNU/Linux diseñado originalmente para dispositivos móviles. Android fue un proyecto inicialmente desarrollado por la empresa Android Inc. la cual fue comprada por Google en el 2005, es así que en 2008 lanzan la primera versión de este sistema operativo [44]. Las aplicaciones pueden ser escritas en una extensión de Java por medio del SDK y se ejecutan por medio de una máquina virtual Dalvik, también puedes ser escritas en lenguaje nativo C/C++ por medio del NDK [45].

La Tabla 2 - 1 presenta información general del Sistema Operativo Android:

**TABLA 2 - 1: Información General Sistema Operativo Android**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

Ultima versión	4.2 Jellybean
Lenguajes desarrollo	Java, C/C++
Idiomas	Multilenguaje

### 2.1.2 iOS

iOS es el sistema operativo para dispositivo móviles de la empresa Apple. La primera versión de este iOS fue introducida en el 2007 en el dispositivo móvil iPhone. Las aplicaciones para este sistema operativo son desarrolladas en el lenguaje Objective-C por medio del SDK para iOS [46].

La Tabla 2 - 2 presenta información general del Sistema Operativo iOS:

**TABLA 2 - 2: Información General Sistema Operativo iOS**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

Ultima versión	6.0
Lenguajes desarrollo	Objective-C
Idiomas	Multilenguaje

### 2.1.3 Blackberry OS

Blackberry OS es el sistema operativo de la empresa RIM (Research In Motion) y está destinado a dispositivos del mismo nombre que el sistema operativo, es decir Blackberry. Este sistema operativo se introdujo por primera vez en el mercado en 1999, en un pager de la marca RIM. Sin embargo no fue hasta 2002, que se lanzo un Smartphone con este sistema operativo. Las aplicaciones pueden ser desarrolladas tanto en Java para lo cual existe un SDK y en lenguaje nativo C/C++ para lo cual existe un Native SDK [47].

La Tabla 2 - 3 presenta información general del Sistema Operativo RIM Blackberry:

**TABLA 2 - 3: Información General Sistema Operativo RIM Blackberry**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

Ultima versión	10
Lenguajes desarrollo	Java, C/C++
Idiomas	Multilenguaje

#### 2.1.4 Windows Phone OS

Windows Phone OS, es el sistema operativo para dispositivos móviles de la empresa Microsoft. El es sucesor del sistema operativo Windows Mobile OS, sin embargo no es compatible con su predecesor [48]. Este sistema operativo fue lanzado el 10 de setiembre de 2010 con el nombre de Windows Phone 7 [49]. Sus aplicaciones pueden desarrollarse en lenguaje nativo C/C++ , así como en C# y XAML [50].

La Tabla 2 - 4 presenta información general del Sistema Operativo Windows Phone:

**TABLA 2 - 4: Información General Sistema Operativo Windows Phone**

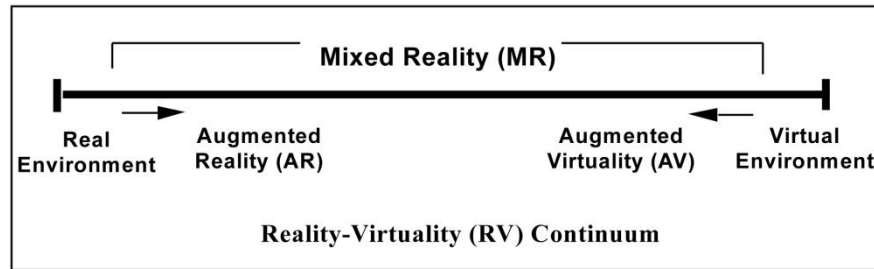
**FUENTE: [Elaboración Propia]**

Ultima version	Windows Phone 8
Lenguajes desarrollo	C/C++ , C#
Idiomas	Multilenguaje

## 2.2 Realidad Aumentada

### 2.2.1 Definición

La Realidad Aumentada consiste en combinar, en tiempo real, información proveniente del mundo real con información proveniente del mundo virtual. Para entender mejor este concepto usaremos el Continuo de Milgram, el cual muestra los extremos de entorno real y entorno virtual y una línea de realidades mixtas [7].



**FIGURA 2.1: Continuo de Milgram**

**FUENTE: [4]**

Como se puede observar en la figura, podemos clasificar las realidades de acuerdo a la cantidad de objetos reales y virtuales que contengan. Al extremo izquierdo encontramos el entorno real, es decir está compuesto solo por objetos reales e incluye todo aquello que se encuentra en el mundo real y la persona lo puede ver directamente o a través de algún dispositivo. Al extremo derecho, en cambio, encontramos el entorno virtual, el cual consiste solo de elementos virtuales, como los son gráficos generados por computadora o simulaciones. Estos dos extremos crean un ambiente de Realidades Mixtas, en donde objetos del entorno real y entorno virtual están presentes en una sola pantalla [4].

A partir de esto entendemos que la Realidad Aumentada tiene más elementos del mundo real que son complementados con objetos virtuales, es decir tenemos un primer plano del mundo real que es complementado con objetos virtuales. En contraposición la Virtualidad Aumentada hace referencia a un primer plano o plano más importante virtual, complementado con elementos del mundo real [4].

Es importante definir las características básicas con la cuales debe contar un sistema de Realidad Aumentada y que ayudan a cerrar la definición sobre esta. Un sistema de Realidad Aumentada mezcla lo real y lo virtual, cuenta con interactividad en tiempo real y posee un registro tridimensional [51].

### **2.2.2 Elementos del sistema**

Para que el sistema de Realidad Aumentada pueda funcionar, requiere de cuatro elementos: elemento capturador, elementos de situación, elemento procesador y el elemento sobre el cual proyectar. Estos serán detallados a continuación:

### 2.2.2.1 Elemento Capturador

Es el encargado de captar la imagen del mundo real e ingresarla al programa que será el encargado de procesarla. Este elemento es una cámara que de acuerdo a la aplicación que se esté desarrollando debe contar con requisitos básicos para su buen funcionamiento. No es necesario que esté integrado con los demás elementos en una sola pieza de hardware .

### 2.2.2.2 Elemento de Situación

Son aquellos elementos que permiten posicionar la información virtual dentro de la realidad, por lo que cumplen una función importante dentro del sistema. Podemos clasificarlos en los siguientes elementos [7]:

- **Marcadores:** los marcadores han sido uno de los elementos más usados para desarrollar aplicaciones basadas en Realidad Aumentada. Su uso supone una precarga de los marcadores potenciales a ser reconocidos, así mismo estos indicaran ubicación y posición del elemento virtual a mostrar por medio del elemento procesador.



FIGURA 2.2: Marcador para Realidad Aumentada

FUENTE: [7]

- **GPS, brújula y acelerómetro:** por medio del GPS podemos conocer la ubicación; con la brújula la dirección a la cual está apuntando el dispositivo y con el acelerómetro la inclinación. Se puede agregar información virtual basada en geolocalización, es decir si se apunta con el elemento capturado hacia una ubicación donde está definido un elemento virtual este se mostrara en la pantalla.



- **Reconocimiento de objetos:** este método se basa en reconocer objetos conocidos como edificios o la forma de un objeto específico; para luego corroborarlo con una base de datos y mostrar la información virtual que se requiera.

### 2.2.2.3 Elemento Procesador

Sera el programa el cual es capaz de interpretar los datos de entrada del elemento captador así como los elementos de situación, procesar esta información del mundo real, crear la información virtual y combinarlos de forma correcta. El elemento procesador debe contar con un modulo de reconocimiento de imágenes, orientación espacial y superposición de imágenes [7].

### 2.2.2.4 Elemento sobre el cual proyectar

Se necesita de un elemento en el cual se pueda mostrar el resultado de lo hecho por el elemento procesador; este resultado es la mezcla de lo capturado del entorno real con los elementos virtuales agregados. Este elemento puede variar de acuerdo al sistema que se esté desarrollando, puede ser desde la pantalla de un dispositivo móvil hasta un complejo HMD.

## 2.2.3 Dispositivos para el desarrollo de Realidad Aumentada

Después de haber visto los elementos principales para un sistema de Realidad Aumentada, es importante ahondar un poco más en algunos dispositivos que engloban los elementos antes descritos y han sido de gran relevancia para el desarrollo de la Realidad Aumentada.

- **Head-Mount Displays** Los HMD son dispositivos que se montan en la cabeza del usuario obligándolo a ver por una pantalla. Estos están conectados a una unidad de procesado, la cual envía la imagen al HMD y este la proyecta al usuario. Cuentan con una cámara que permite ver la perspectiva del usuario, así como detectores de movimiento que miden la posición y orientación de la cabeza [6] . Podemos distinguir dos tipos de HMD: Opacos, estos encapsulan la cabeza del usuario, haciendo que este no pueda ver más allá de la pantalla del dispositivo. Semitransparentes, este tipo de HMD no obstruye completamente la visión del usuario, ya que cuenta con lentes semitransparentes, que permiten ver a través de ellos y a la misma vez mostrar imágenes virtuales que se superponen a las del entorno real.

- **Head-Up Display:** Se considera un HUD cualquier objeto transparente que muestre información sobre él y además permita observar lo que hay detrás de este [6].
- **Dispositivos móviles:** En el concepto de dispositivos móviles englobaremos tanto teléfonos móviles como tabletas. Estos son dispositivos que pueden ser transportados por el usuario fácilmente y cuentan con un procesador y una cámara. La cámara permitirá captar el escenario real, el procesador junto con los programas de Realidad Aumentada transformaran esta información en imágenes reales y virtuales combinadas y la desplegaran sobre la pantalla del dispositivo.

#### 2.2.4 Clasificación de sistemas de Realidad Aumentada

La clasificación que usaremos será tomando en cuenta según el método de obtener la información.

##### 2.2.4.1 Sistemas basados en el reconocimiento de marcas

El marcador nos indicara el lugar donde se debe ubicar la imagen artificial que se debe superponer sobre el plano real. Así mismo este marcador hace referencia a la orientación e inclinación de la imagen virtual. Estos marcadores se almacenaran en una base de datos sea local o externa contra la cual se comparan con lo obtenido por la cámara con el objetivo de tener una coincidencia; cada marcador lleva asociado algún tipo de información para mostrar.

##### 2.2.4.2 Sistemas basados en geolocalización

Los sistemas basados en geolocalización utilizan GPS para obtener la posición geográfica del usuario, por medio del compás y el acelerómetro la orientación e inclinación del dispositivo; con esto sabe hacia el lugar que está apuntando la cámara. Las imágenes virtuales que se proyectan están basadas en coordenadas de tal manera que si el dispositivo está apuntando hacia estas coordenadas se mostrará la imagen virtual con información asociada.

##### 2.2.4.3 Sistemas basados en el reconocimiento de formas

En este tipo de sistemas a diferencia de los basados en reconocimiento de marcas, ya no busca marcas determinadas sino formas conocidas. De igual manera lo

captado por la cámara debe ser contrastado con una base de datos para tener una coincidencia de formas y poder mostrar la información asociada.

## 2.2.5 Herramientas de desarrollo para Realidad Aumentada

### 2.2.5.1 Entorno de Desarrollo Integrado

Para poder desarrollar una aplicación es necesario contar con Entorno de Desarrollo Integrado (IDE), este es un programa el cual cuenta con un editor de código, compilador, depurador y un constructor de interfaz gráfica; estos pueden estar orientados a un lenguaje de programación o puede ser multilinguaje [52]. En la TABLA 2-5 se muestra los IDEs recomendados para los Sistemas Operativos móviles previamente descritos.

**TABLA 2 - 5: Entornos de Desarrollo para Sistemas Operativos Móviles**

FUENTE: [53],[54],[55],[56]

Sistema Operativo	Entorno de Desarrollo
Android	Eclipse IDE
iOS	XCode IDE
Blackberry OS	Eclipse IDE
Windows Phone OS	Visual Studio IDE

### 2.2.5.1 Frameworks para Realidad Aumentada

Para el desarrollo de una aplicación con realidad aumentada además del IDE, es necesario un SDK, que no es más que una interfaz de programación de aplicaciones; la cual permite el uso de algún lenguaje de programación, dependiendo del sistema operativo móvil al cual este destinada la aplicación. Así mismo, para desarrollar una aplicación en Realidad Aumentada se necesita un conjunto de herramientas ya sean librerías o SDK orientado al desarrollo de una aplicación con Realidad Aumentada, a continuación veremos algunas librerías y SDK utilizados para el desarrollo de aplicaciones con Realidad Aumentada orientada a dispositivos móviles.

- **ARLAB**

Es una compañía que desarrolla herramientas para la creación de aplicaciones con Realidad Aumentada. Sus herramientas brindan soporte para geolocalización, reconocimiento de imágenes, reconocimiento de marcadores, imágenes 3D, seguimiento de imágenes, seguimiento de

objetos, botones virtuales, reconocimiento facial y seguimiento facial. Todos sus productos están orientados a iOS y Android; y requieren de pago [57].

- **ARToolkit**

Son un conjunto de librerías desarrollado por la empresa ARTOOLWORKS para el desarrollo de aplicaciones para Realidad Aumentada, para sistemas Operativos iOS y Android. En los dos casos permite la creación de aplicaciones nativas en Objective-C y C/C++ respectivamente. Estas librerías están bajo la licencia GPLv2 (Ver Anexo 4: GPLv2) y licencias pagadas [58].

- **DroidAR**

Es un framework para desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada en Android. Está publicado como código abierto bajo la licencia GPLv3 (Ver Anexo 5: GPLv3), permite aplicaciones basadas con marcadores y por geolocalización [59].

- **Layar**

Permite crear aplicaciones con Realidad Aumentada para dispositivos móviles, basado en web services. Tiene soporte para reconocimiento de imágenes y geolocalización [60].

- **Metaio**

Conjunto de SDK orientados a distintos sectores. Ofrece un SDK para desarrollar aplicaciones orientadas a iOS y Android. Así como productos orientados al desarrollo de aplicaciones para Marketing, Ingeniería, Diseño Web, entre otros. El SDK para aplicaciones móviles da soporte para Realidad Aumentada basada en marcadores, geolocalización y reconocimiento de formas. Todos sus productos tienen un alto precio [61].

- **NyARToolkit**

Librería basada en ARToolkit de libre distribución que permite la creación de aplicaciones para dispositivos móviles en el sistema operativo Android y en el lenguaje Java. Tiene soporte para Realidad Aumentada basada en marcadores. Está publicado bajo la licencia de código abierto GPLv3 (Ver Anexo 5: GPLv3) [62].

- **Vuforia**

SDK desarrollado por la empresa Qualcomm para desarrollar aplicaciones con Realidad Aumentada. Tiene un SDK para Android y otro para iOS, tiene soporte para Realidad Aumentada basada en marcadores y reconocimiento de imágenes; además de funcionalidades como botones virtuales, distintos tipos de marcadores, imágenes 3D, entre otros. La programación es en lenguaje nativo [63].



## **Capítulo 3**

### **Análisis y Diseño**

En el presente Capítulo desarrollaremos los análisis para definir el sistema operativo sobre el cual se realizara la aplicación, así como las herramientas necesarias para el desarrollo de las misma. También se definirá el diseño de la aplicación, las funcionalidades y el flujo de esta.

#### **3.1 Análisis de los Sistemas Operativos Móviles**

##### **3.1.2 Análisis de Mercado**

Para saber a qué sistema operativo va dirigida nuestra aplicación tenemos que analizar el público objetivo y los requerimientos técnico del sistema operativo. En lo que respecta al público objetivo nos basaremos en los datos obtenidos en la TABLA 3-1; en la cual nos muestra la cantidad de unidades vendidas a usuarios finales dividida por cuartos de año, esto nos da una idea de a cuanta gente potencialmente podría llegar la aplicación.

**TABLA 3 - 1: Cantidad de dispositivos móviles vendidos a usuarios finales por Sistema Operativo en lo primero tres cuarto del año**

**FUENTE: [19],[20],[21],[Elaboración Propia]**

	1Q	2Q	3Q	TOTAL
Android	81067,4	98529,3	122480	302076,7
iOS	33120,5	28935	23550,3	85605,8
Symbian	12466,9	9071,5	4404,9	25943,3
Blackberry OS	9939,3	7991,2	8946,8	26877,3
Bada	3842,2	4208,8	5054,7	13105,7
Windows Phone OS	2712,5	4087	4058,2	10857,7
Otros	1242,9	863,3	683,7	2789,9
<b>TOTAL</b>	<b>144391,7</b>	<b>153686,1</b>	<b>169178,6</b>	<b>467256,4</b>

De la TABLA 3-1, podemos obtener que a finales del 3Q, entre los sistemas operativos Android y iOS abarcan un 82,9% del mercado total de dispositivos móviles, por lo que deberíamos considerarlos en análisis posteriores. Después aparecen Blackberry OS y Symbian, sin embargo, si vemos el número de dispositivos vendidos en el primero, segundo y tercer cuarto; el número va decayendo. Esto debido a que como lo mencionamos en el Capítulo 1, Symbian dejará de estar en dispositivos móviles y será reemplazado por el sistema operativo de Microsoft y RIM viene perdiendo mercado constantemente desde el año pasado [64]; esto representa una potencial pérdida de clientes, en caso se desarrolle una aplicación orientada a estos sistemas operativos. Por su parte Bada, sistema operativo desarrollado por Samsung para dispositivos móviles de gama media, ha tenido un leve crecimiento sin embargo es un sistema operativo nuevo por lo que no es seguro que este afianzado ya en el mercado. Así mismo el sistema operativo Windows Phone de Microsoft, está destinado a ser el reemplazo de todos los equipos Symbian sin embargo esto todavía no se ve reflejado en las ventas. Por lo tanto del análisis de mercado de los Sistemas Operativos los más óptimos para desarrollar una aplicación serían Android o iOS, debido a su porcentaje de mercado y por tener algún tiempo en el mismo lo que hace que sean sistemas operativos más estables y que las nuevas tecnologías, como Realidad Aumentada, puedan ser desplegadas en estos.

### 3.1.2 Análisis Técnico

En el análisis técnico compararemos funcionalidades técnicas generales que presentan los dos sistemas operativos escogidos en el punto anterior. En la TABLA 3-2 se muestran los puntos a comparar.

**TABLA 3 - 2: Comparación técnica entre sistemas operativos Android y iOS**

FUENTE: [Elaboración Propia]

	iOS	Android
Multitarea		
Equipos	iPhone, iPad, iPod Touch	Amplia Gama de Equipos
Seguridad		Propenso a malware
Almacenamiento Multimedia		
Almacenamiento Expandible		
Pantalla de Alta Resolución		
Captura de Pantalla		
Mapas		
Navegación		
Asistente por voz		
Soporte en la nube		
Personalización		
NFC		
Backup en la nube		
Soporte 3D		

De acuerdo con el cuadro anterior, podemos ver que los sistemas operativos comparados tienen características técnicas similares; podríamos concluir que ninguno es superior a otro en lo que respecta a este tipo de comparación.



### 3.2 Análisis de Herramientas para Realidad Aumentada

Una vez analizados los datos de mercado y características técnicas de los sistemas operativos, debemos analizar las herramientas necesarias para desarrollar una aplicación con Realidad Aumentada las cuales están estrechamente ligadas al sistema operativo al cual están destinadas, En la TABLA 3-3 mostramos algunas de las características y funcionalidades de los frameworks para Realidad Aumentada mencionados en el Capítulo 2 y analizaremos cual resulta el más óptimo, para el desarrollo de nuestra aplicación.

**TABLA 3 - 3: Comparación de frameworks para Realidad Aumentada**

FUENTE: [Elaboración Propia]

	ARLAB	ARToolkit	DroidAR	Layar	Metaio	NyARToolkit	Vuforia
Reconocimiento de Marcas	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
Múltiples marcas	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
Geolocalización	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓
Reconocimiento de Formas	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓
Imágenes 3D	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
Animación	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
Android	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
iOS	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓
Documentación	Alta	Alta	Media	Alta	Alta	Alta	Poca
Precio	Por Producto	Libre	Libre	Por Producto	Por Producto	Libre	Libre
Año de Publicación	2012	2010	2011	2009	2005	2008	2012

Es importante notar que existen frameworks cuyos códigos son de libre distribución que tienen la funcionalidad de reconocimiento de marcas e imágenes 3D, que son requerimientos para el desarrollo de nuestra aplicación. Es así que descartamos aquellos frameworks por los cuales haya que pagar por sus productos. De los frameworks de software libre tenemos a ARToolkit y Vuforia para iOS; y para Android tenemos DroidAR, NyARToolkit y Vuforia. Cualquiera de estos cumple con los requisitos técnicos para elaborar la aplicación, ahora es importante tener un

framework con documentación que nos pueda guiar, así como que el framework tenga madurez suficiente.

De esto y los datos obtenidos en el Capítulo 2, podemos concluir NyARToolkit por ser la segunda más antigua, con mayor documentación, además de tener la facilidad de ser desarrollada en Java, lo cual brinda mayor comodidad de programación; en este caso será la herramienta elegida para el desarrollo de la aplicación. Esta elección también nos orienta a que la aplicación sea desarrollada en Android.

### **3.3 Análisis de los requerimientos de la aplicación**

Es importante definir cuáles son los requerimientos de la aplicación que se va a implementar, ya que por medio de estos podemos comprender las necesidades y condiciones de la aplicación a desarrollar.

#### **3.3.1 Requerimientos Funcionales**

Dentro de los requerimientos funcionales tenemos el reconocimiento de marcas, visualización de imágenes en 3D, reproducción de audio con información, visualización de imágenes y visualización de texto.

##### **3.3.1.1 Reconocimiento de marcas**

Para este requerimiento lo que se desea es que la aplicación reconozca las marcas por medio de la utilización de la cámara del dispositivo móvil, así como el entorno en el cual se encuentran estas marcas para que pueda ser procesado.

##### **3.3.1.2 Visualización de imágenes en 3D**

En este requerimiento lo que se desea es que la aplicación muestre el objeto 3D en la pantalla sobre la marca reconocida en tiempo real.

##### **3.3.1.3 Reproducción de audio con información**

En este requerimiento lo que se desea es que la aplicación reproduzca un archivo de audio con información sobre el objeto 3D que se muestra y que está asociado a una marca.

##### **3.3.1.4 Visualización de una galería de imágenes**

En este requerimiento lo que se desea es que la aplicación cuente con una galería de imágenes las cuales están previamente almacenadas, y que el usuario pueda verlas como información adicional al sitio turístico que está asociado a la aplicación.

### 3.3.1.5 Visualización de texto informativo

En este requerimiento lo que se desea es que la aplicación cuente con un archivo de texto el cual el usuario pueda acceder y encontrar información adicional sobre el sitio turístico al cual está relacionado la aplicación.

### 3.3.2 Requerimientos No Funcionales

#### 3.3.2.1 Fiabilidad

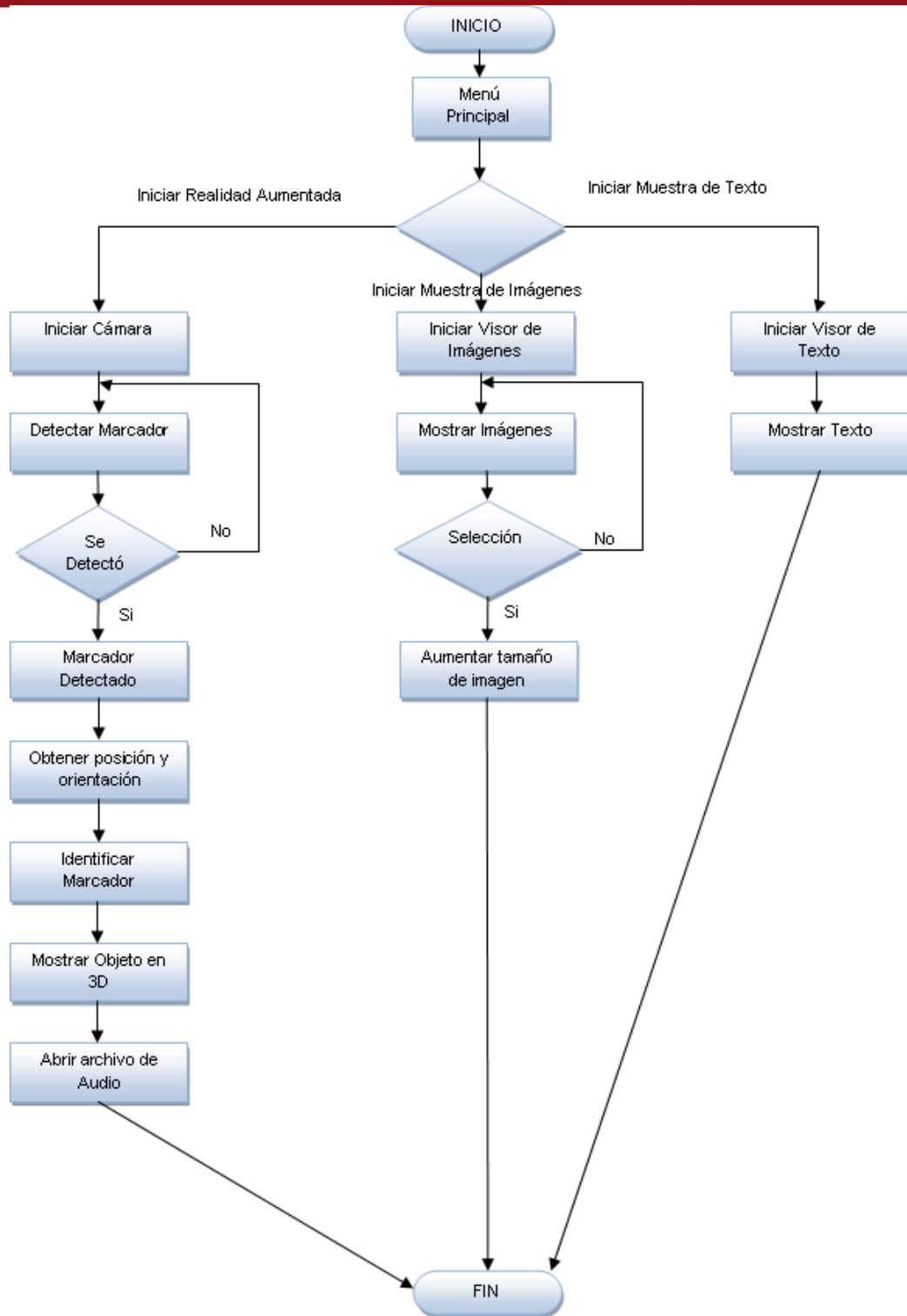
El sistema en ejecución no debe colapsar cuando el usuario está haciendo uso del mismo. Los recursos tanto de hardware como software utilizado por la aplicación no deben generar conflictos con otras aplicaciones que estén instaladas en el mismo dispositivo.

#### 3.3.2.2 Facilidad de Uso

El sistema debe poder operar de manera intuitiva, de tal manera que cualquier usuario con conocimientos o no sobre dispositivos móviles sea capaz de usarlo.

### 3.4 Diagrama de Flujo

Los diagramas de flujo son una herramienta importante para describir gráficamente el conjunto de procesos que seguirá el Sistema. El diagrama se muestra en la Figura 3.1



**FIGURA 3.1: Diagrama de Flujo**

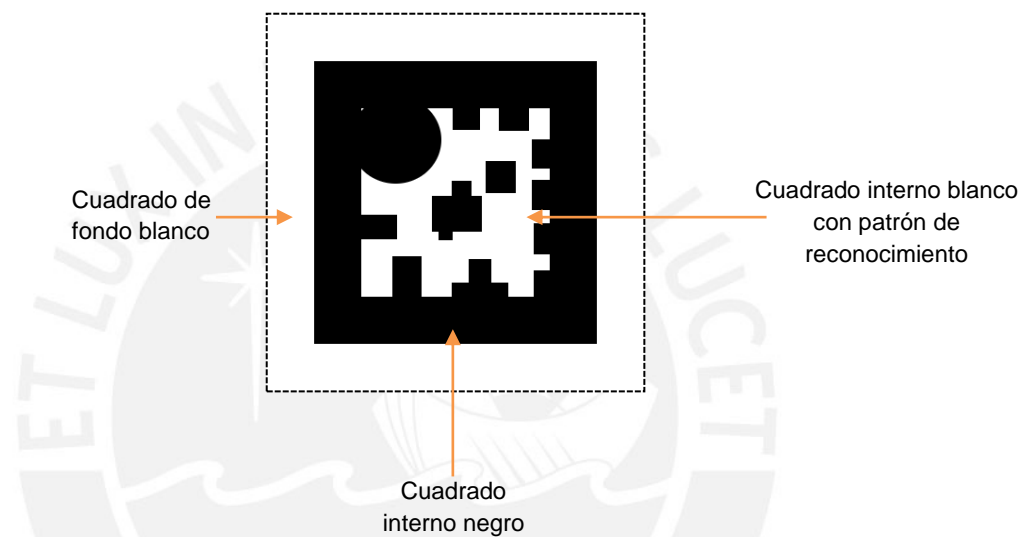
**FUENTE: [Elaboración Propia]**

### 3.5 Análisis de Marcadores

Los marcadores son un elemento esencial en el desarrollo del sistema, ya que serán estos lo que deben ser reconocidos, calcular su posición y ubicación; y relacionarlos con una imagen 3D. Es por eso que explicaremos como se deben diseñar estos de tal manera que el reconocimiento de estos por parte del programa se de manera más sencilla.

#### 3.5.1 Estructura de los Marcadores

Los marcadores que utilizaremos tienen una estructura definida la cual detallaremos a continuación en la Figura 3.2



**FIGURA 3.2: Componentes de un marcador**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

De acuerdo con la Figura 3.2 tenemos tres componentes principales de un marcador:

**Cuadrado de fondo blanco**, este sirve para evitar que la cámara tenga problemas a la hora de enfocar al marcador. Es un margen que se tiene que dar para que el reconocimiento del marcador sea óptimo.

**Cuadrado interno negro**, este cuadro servirá para el identificar un marco.

**Cuadro interno blanco con patrón de reconocimiento**, es aquí donde se agregaran los detalles del marcador que servirán como identificador del mismo.

### 3.5.2 Estructura de reconocimiento de marcas

Las clases implementadas por NyARToolkit siguen una estructura para el reconocimiento de marcadores que será detallado a continuación.

- **Reconocimiento de bordes:** Cuando se detectan bordes de posibles marcadores en el cuadro tomado por la cámara, NyARToolkit retira la saturación del color en el cuadro y lo convierte en una imagen en blanco y negro de 2-bit, que luego es invertida. Esto con el fin de mejorar el rendimiento a la hora de detectar bordes de los marcadores [65]. En la Figura 3.3, se muestra la imagen sin saturación, con los colores invertidos y detectando el borde del marcador.

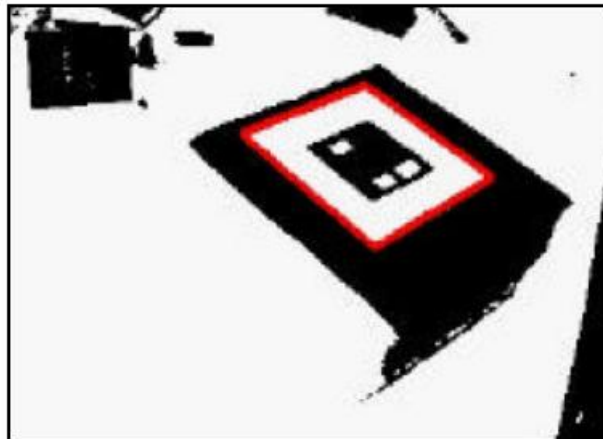
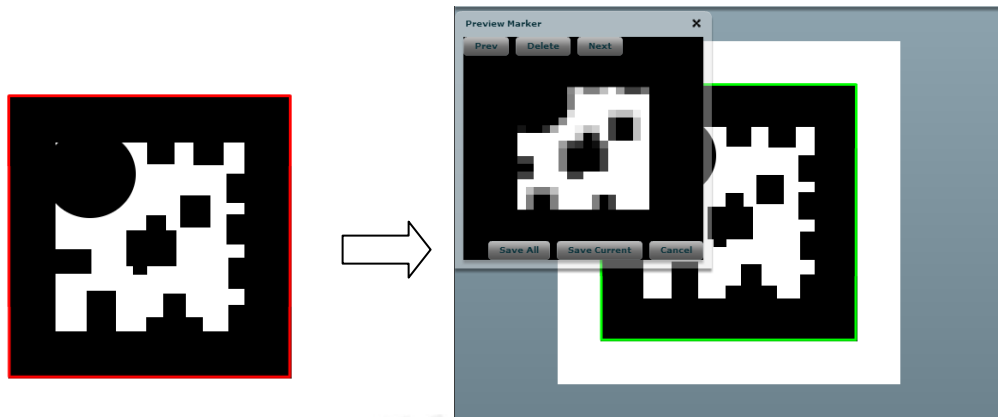


FIGURA 3.3: Imagen en blanco y negro, sin saturación

FUENTE: [65]

- **Reconocimiento de patrón:** Una vez reconocido el borde, lo que hace es buscar que el patrón que se encuentra internamente coincida con alguno almacenado de tal manera que hace la correspondencia de patrones. Aquí ya no trabajará con la imagen en blanco y negro sino que la convierte a una de 8-bits y la compara con el patrón almacenado. El patrón del marcador almacenado es una matriz de 16x16 con valores del 0-255, el cual a estar representado en una escala de grises. Así mismo al reconocer el patrón permite dar a conocer su ubicación y orientación para poder superponer la imagen virtual sobre este [65]. Es necesario para el uso del marcador con las clase de NyARToolkit que este en un formato .pat, el cual lo podemos

generar mediante una herramienta online [66]. En la Figura 3.4 observamos el marcador creado y como será almacenado.

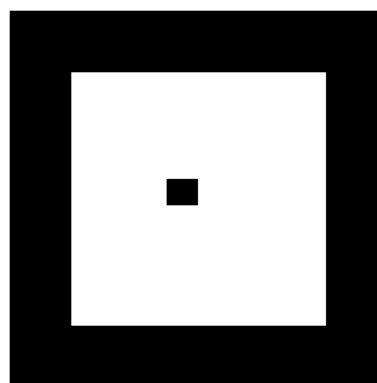


**FIGURA 3.4:** Marcador convertido a matriz de 16x16 píxeles con valores de 0-255

**FUENTE:** [66]

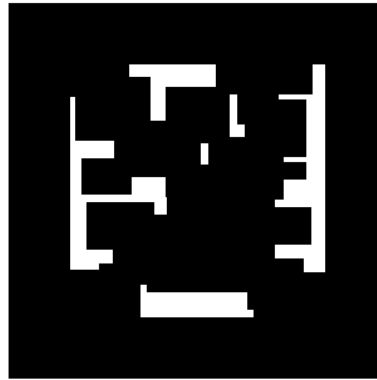
### 3.5.3 Consideraciones adicionales

Es importante mencionar que el patrón que se coloque no debe ser ni muy simple ni muy complejo, esto ya que si tenemos un patrón muy simple (Figura 3.5) puede confundirse con elementos que se encuentran en el entorno y hacer una detección defectuosa, mientras que si usamos un patrón muy complejo o cargado (Figura 3.6) el reconocimiento también puede ser defectuoso ya que el programa necesitará comparar muchos detalles [8].



**FIGURA 3.5:** Marcador Simple

**FUENTE:** [Elaboración Propia]



**FIGURA 3.6: Marcador Complejo**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

Así mismo es importante tomar en cuenta el tamaño del marcador y la distancia a la cual la cámara lo puede captar. Esto lo vemos en la TABLA 3-4

**TABLA 3 - 4: Relación: tamaño del marcador y distancia reconocible**

**FUENTE: [67], [Elaboración Propia]**

Tamaño del patrón (cm)	Distancia Detectable (cm)
5	25
7	40
10.8	86
19	127

### 3.6 Imágenes 3D

Las imágenes 3D que se van a mostrar a la hora de reconocer el marcador deben tener un formato .md2, ya que este es el formato que admiten las clases de la librería NyARToolkit. Así mismo, las imágenes en 3D están estrechamente ligadas al sitio turístico al cual se va a promocionar, es por eso que estas dependen del sitio turístico el cual elijamos.

El lugar turístico que utilizaremos para el desarrollo de nuestra aplicación será Caral, esto debido a que se pudieron obtener imágenes 3D para este sitio turístico. Las imágenes 3D serán obtenida de la Galería 3D - Sketchup - Google [68], la cual



cuenta con diversas imágenes en 3D. Debido a que no están el formato .md2 se utilizara el programa Blender [69] para convertirlas.

### 3.7 Diseño de Interfaz de Usuario

Es importante tener el diseño de manera gráfica, lo cual nos servirá como guía para lo que se quiere en la implementación del sistema. A continuación mostraremos el flujo del sistema apoyados con los diseños gráficos de la aplicación.

#### Menú Inicial

En el Menú Inicial (Figura 3.7) será la primera pantalla que vea el usuario al ejecutar su aplicación, en esta encontrará las opciones para "Iniciar Realidad Aumentada", "Ir a Galería de Imágenes" o "Acerca De..." que es el texto informativo.

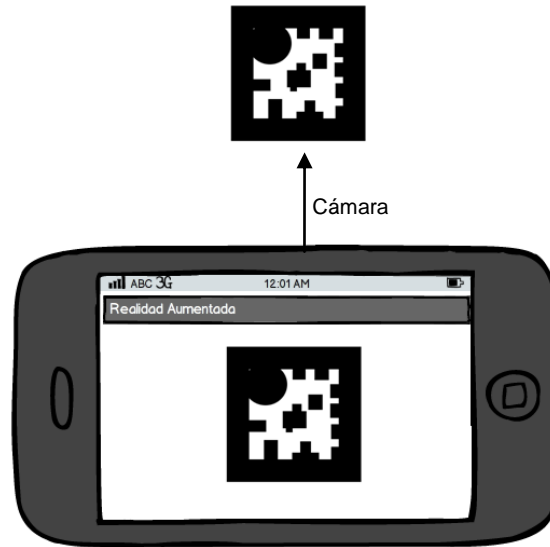


FIGURA 3.7: Diseño Menú Inicial

FUENTE: [Elaboración Propia]

#### Iniciar Realidad Aumentada

Al ingresar a esta opción se prende la cámara y empieza el proceso de reconocer marcadores y en caso de encontrar alguno se muestra la imagen 3D asociada y se reproduce un archivo de audio con la descripción. En la Figura 3.8 se muestra el diseño.



**FIGURA 3.8: Diseño Iniciar Realidad Aumentada**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

### Galería de Imágenes

Al ingresar a esta opción se muestra un conjunto de imágenes pequeñas en la parte superior, al elegir un de estas se agranda y se muestra en la parte inferior. En la Figura 3.9 se muestra el diseño.



**FIGURA 3.9: Diseño Galería de Imágenes**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

## Acerca De

Al ingresar a esta opción se muestra un texto con información sobre el lugar turístico al cual va dirigido la aplicación. En la Figura 3.10 se muestra el diseño.



**FIGURA 3.10: Diseño Texto Informativo**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

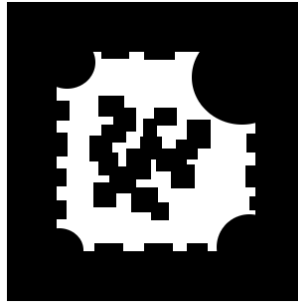
## **Capítulo 4**

### **Construcción y Validación**

En el presente Capítulo se presenta a detalle los prototipos implementados en base al diseño elaborado en el capítulo anterior, así como consideraciones a la hora de la implementación. Además se mostraran resultado realizados en las distintas pruebas.

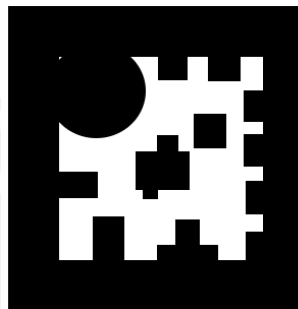
#### **4.1 Elaboración de marcadores**

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, los marcadores son una parte importante dentro de lo que es la aplicación ya que son estos el vínculo para poder incluir una imagen virtual dentro del entorno real mostrado en la pantalla de usuario. Los marcadores fueron realizados con las consideraciones del capítulo anterior. Se decidió crear dos marcadores que irán asociados a una imagen 3D de un sitio turístico. Los marcadores creados se muestran en las Figuras 4.1 y 4.2



**FIGURA 4.1: Marcador 1**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**



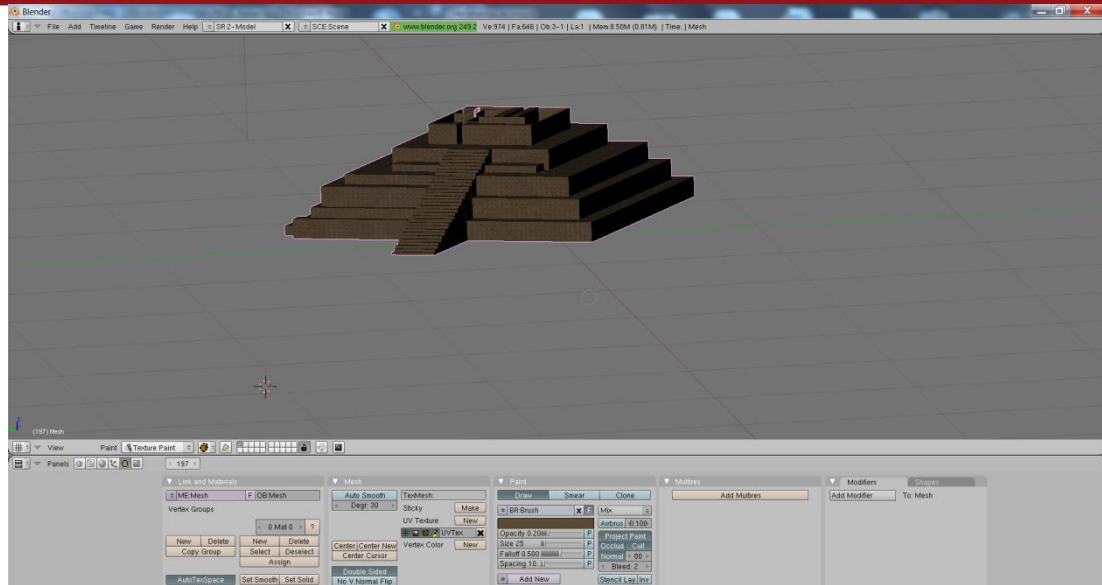
**FIGURA 4.2: Marcador 2**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

Debido a que la idea es incluir los marcadores en folletos, catálogos o libros turísticos, estos fueron impresos con un tamaño de 5cmx5cm que de acuerdo con lo analizado permite un reconocimiento desde una distancia de hasta 25 cm.

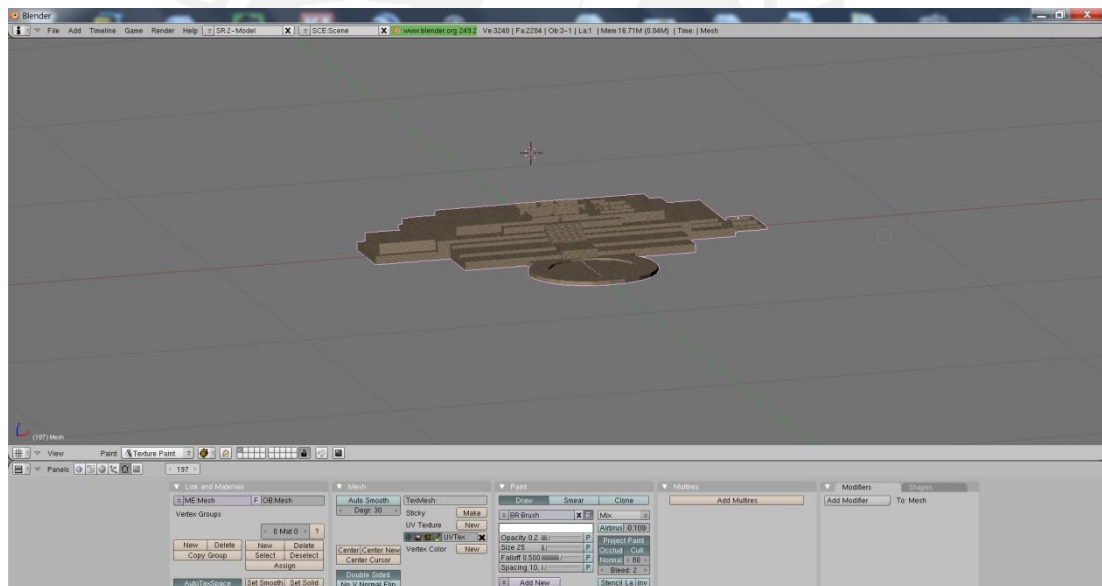
#### **4.2 Obtención de imágenes 3D**

Las imágenes 3D fueron obtenidas de la Galería 3D - Sketchup - Google, debido a que utilizaremos 2 marcadores para realizar el prototipo escogimos 2 imágenes en 3D representativas de la Cultura Caral, las cuales las mostramos en las Figuras 4.3 y 4.4.



**FIGURA 4.3: Imagen 3D: Pirámide Menor**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

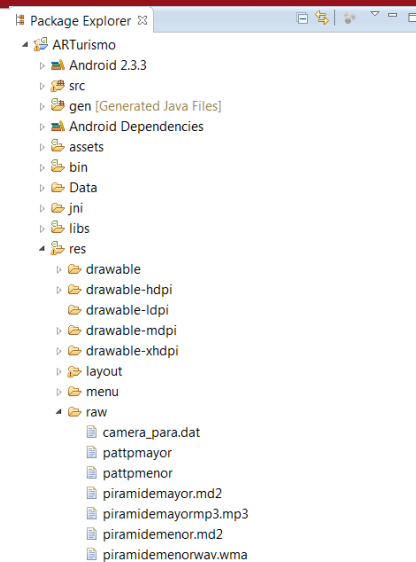


**FIGURA 4.4: Imagen 3D: Pirámide Mayor**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

### 4.3 Almacenamiento de archivos

Tanto marcadores (pattmayor, pattmenor) , imágenes 3D (piramidemayor.md2, piramidemenor.md2) y archivos de audio (piramidemayormp3.mp3, piramidemenorwav.wma) que se usaran en el programa deben ser almacenados en la carpeta *raw*, del directorio de la aplicación (Imagen 4.5).

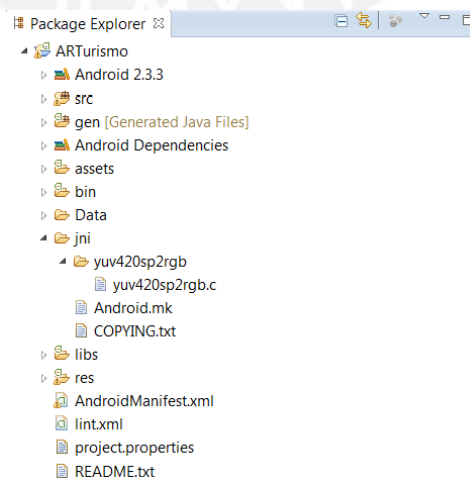


**FIGURA 4.5: Almacenamiento de archivos**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

### 4.3 Llamada a funciones nativas

Una de las características de Android es que pueden escribirse aplicaciones o partes de estas tanto en lenguaje Java como lenguaje nativo C/C++, el beneficio de escribirlas en este último es que en la mayoría de los casos la ejecución resulta más rápida, y su uso va para tareas que requieran un rápido procesamiento. En este caso la librería NyARToolkit, utiliza el método `yuv420sp2rgb.c`, este es usado para transformar los cuadros capturados por la cámara de video del formato `yuv420sp` a RGB y poder hacer las conversiones para el reconocimiento de marcadores. Las funciones nativas en Android se encuentran en la carpeta `jni` del directorio de la aplicación.



**FIGURA 4.6: Funciones Nativas**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

### 4.3 Manifiesto general del programa

Para el desarrollo de la aplicación para el sistema operativo Android, es necesario tener un manifiesto (Ver Anexo 1: AndroidManifest.xml) donde se encuentran la actividades a ejecutarse, los permisos que requiere la aplicación, las versiones a las cuales está dirigida la aplicación, entre otras características del programa. Aquí se instancia que actividad será la que se ejecute al iniciar la aplicación, en este caso es Menuinicial y se nombra a las actividades que se ejecutaran cuando sean llamadas (MainActivity, Images, Texto). Así mismo podemos observar que para que sea aplicable a una amplio número de dispositivos, con versiones tanto antiguas como nuevas, la aplicación soporta desde el nivel de API 4 (Versión 1.6 Donut) hasta 16 (Versión 4.2 Jelly Bean).

### 4.5 Prototipos

Para la ejecución de los prototipos se utilizó un dispositivo Samsung con sistema operativo Android 4.0.3, cámara de 3 Mega pixeles , procesador Dual-Core 1,0GHz. Así como un emulador creado con el mismo sistema operativo por medio del Android Virtual Device Manager (AVDM).

#### 4.5.1 Menú Inicial

En el menú inicial de acuerdo con lo planteado en el diseño, se busca que de manera intuitiva el usuario pueda interactuar con la aplicación por lo que se colocaron 3 botones para que el usuario pueda acceder a alguna de estas opciones.

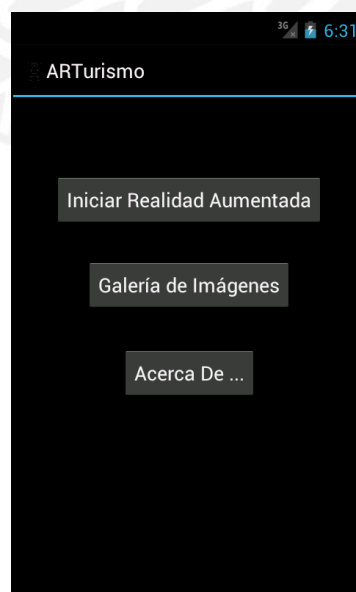


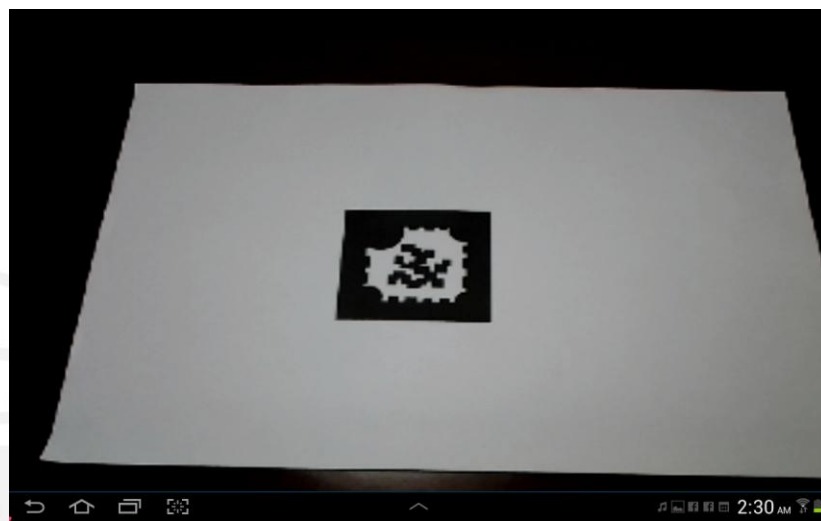
FIGURA 4.7: Prototipo: Menú Inicial

FUENTE: [Elaboración Propia]



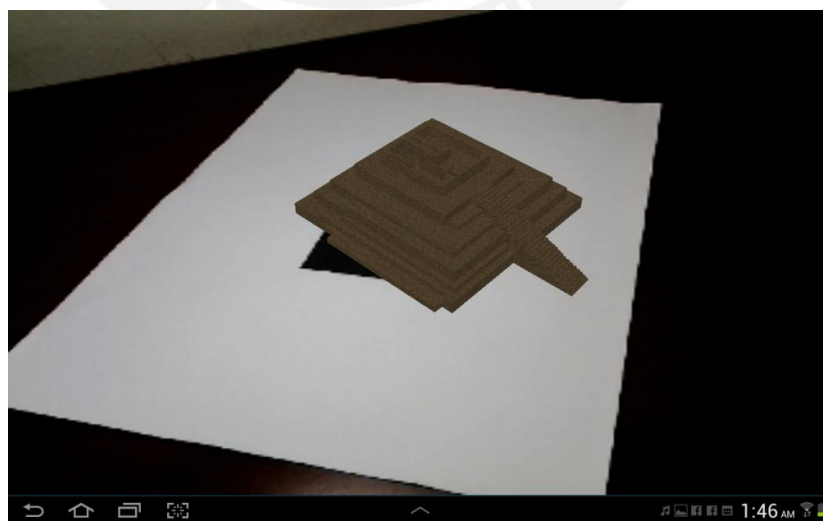
#### 4.5.2 Realidad Aumentada

Al ingresar al módulo de Realidad Aumentada por medio del botón asociado a este, se mostrará la cámara, y se ejecutara el proceso en el cual se busca marcadores almacenados previamente (Ver Anexo 2: Método initializeGLSurfaceView) para asociarlos a una imagen 3D las cuales son procesadas por la librería min3d, que es una librería ligera para Android basada en OpenGL ES [70] (Ver Anexo 3: Método intiScene) y reproducir un archivo de audio previamente cargado(Ver Anexo 2: Método initializeGLSurfaceView ). En el Figura 4.8 se muestra la cámara cuando detecta un marcador, en la figura 4.9 se muestra la imagen 3D asociada a ese marcador.



**FIGURA 4.8: Detección de Marcador**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**



**FIGURA 4.9: Superposición de imagen en 3D**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

#### 4.5.2 Galería de Imágenes

En el módulo de galería de imágenes se muestran una tira de imágenes en la parte superior de la pantalla, al elegir una de ellas esta se agrandará y sale un mensaje con el nombre de la imagen que se está observando. En la Figura 4.9 sale la tira de imágenes y en la Figura 4.10 la imagen seleccionada.

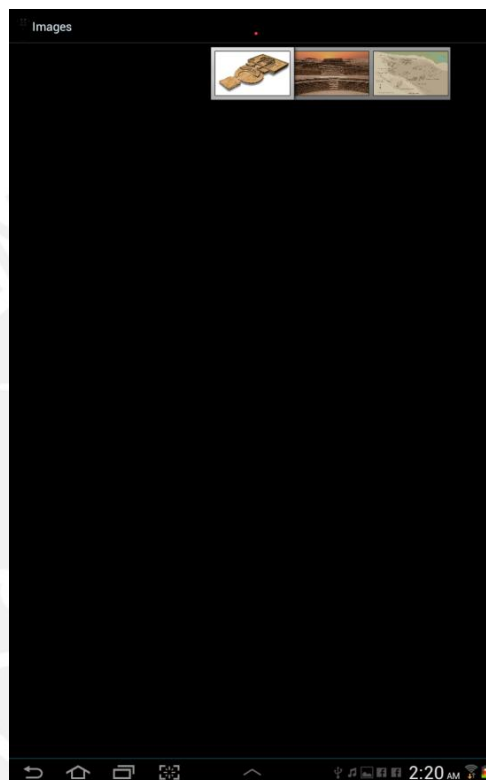
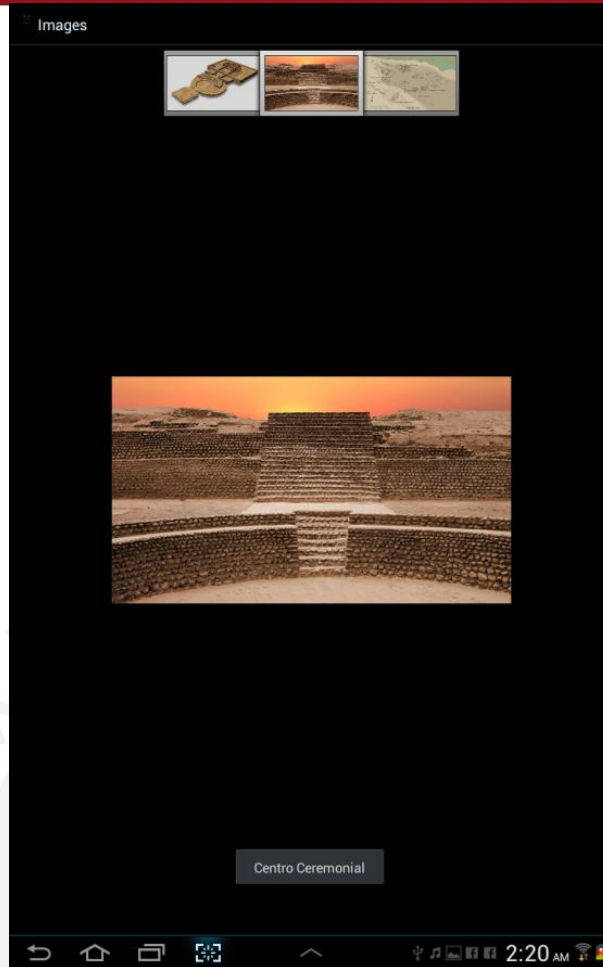


FIGURA 4.10: Colección de Imágenes

FUENTE: [Elaboración Propia]

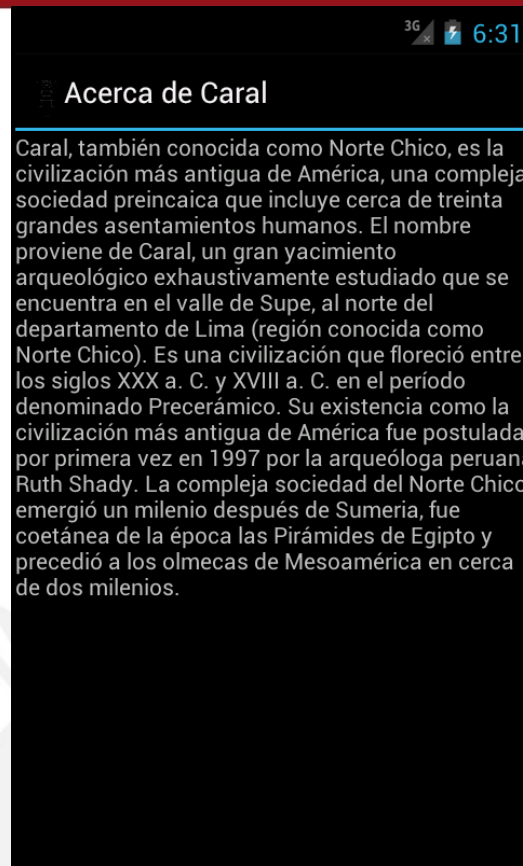


**FIGURA 4.11: Selección de Imagen**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

#### **4.5.3 Acerca De**

En este módulo se muestra un texto informativo acerca de la cultura Caral, esto con el fin de que el usuario pueda tener un poco mas de información sobre lo que se está observando y escuchando tanto por la galería de imágenes como por el módulo de Realidad Aumentada. En la Figura 4.11 observamos el campo de texto.



**FIGURA 4.12: Texto Informativo**

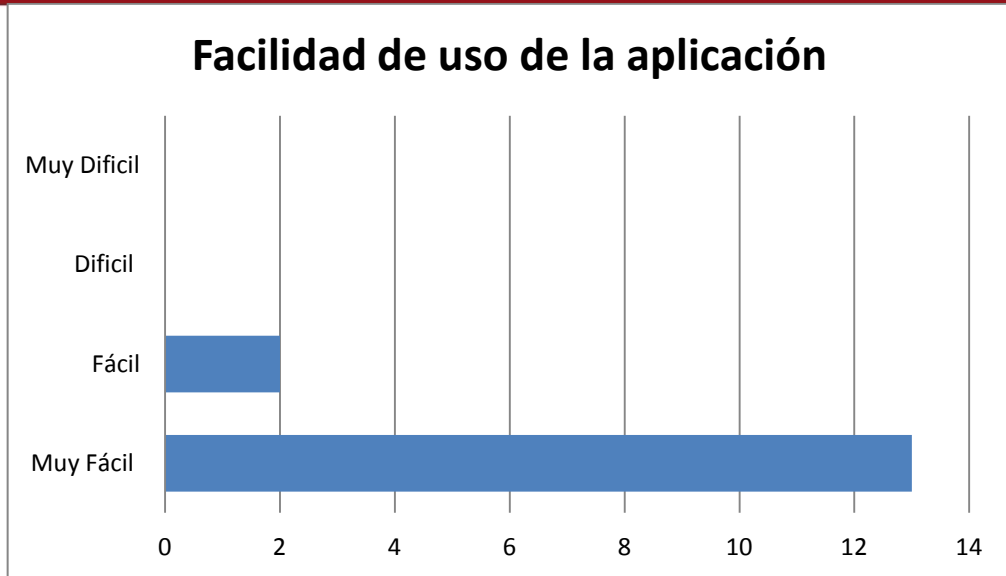
**FUENTE: [Elaboración Propia]**

#### **4.5 Validación**

Para la validación de la aplicación se convocó a 15 usuarios, a los cuales se le brindó la aplicación para que la prueben y contesten si cumple con los requisitos funcionales y no funcionales descritos en el Capítulo 3.

##### **4.5.1 Validación No Funcional**

Para validar la facilidad del uso de la aplicación, se le preguntó a los usuarios que tan fácil encontraron el uso de la aplicación.

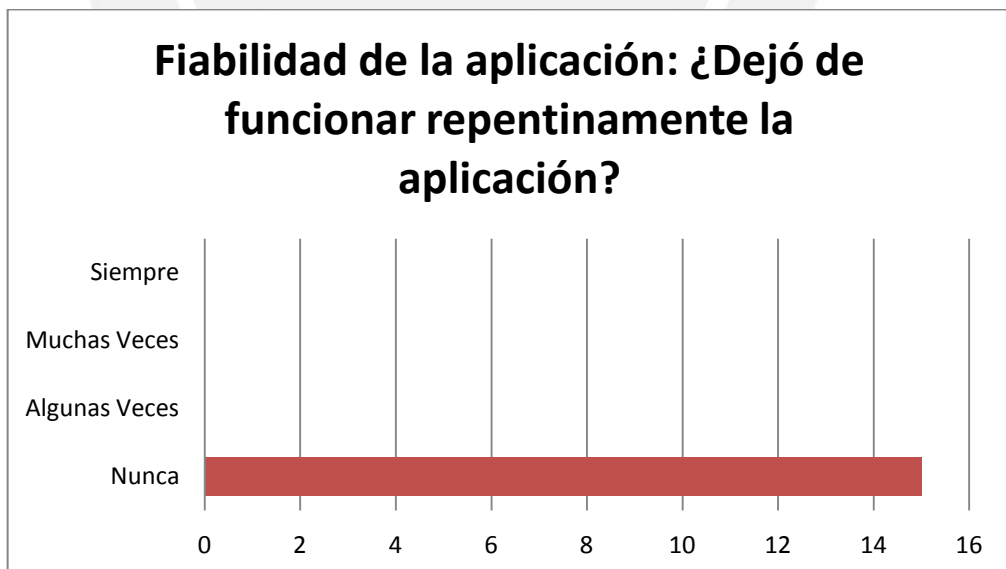


**FIGURA 4.13: Facilidad de uso de la aplicación**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

El 87% de los usuarios encontraron muy fácil el uso de la aplicación, mientras que un 13 % la encontró fácil. Esto demuestra que el acceso y uso de la aplicación no representa ninguna dificultad por lo tanto puede estar destinado a cualquier usuario.

Para validar la fiabilidad del sistema, se pregunto a los usuarios si en el algún momento la aplicación dejó de funcionar repentinamente.



**FIGURA 4.14: Fiabilidad de la aplicación**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

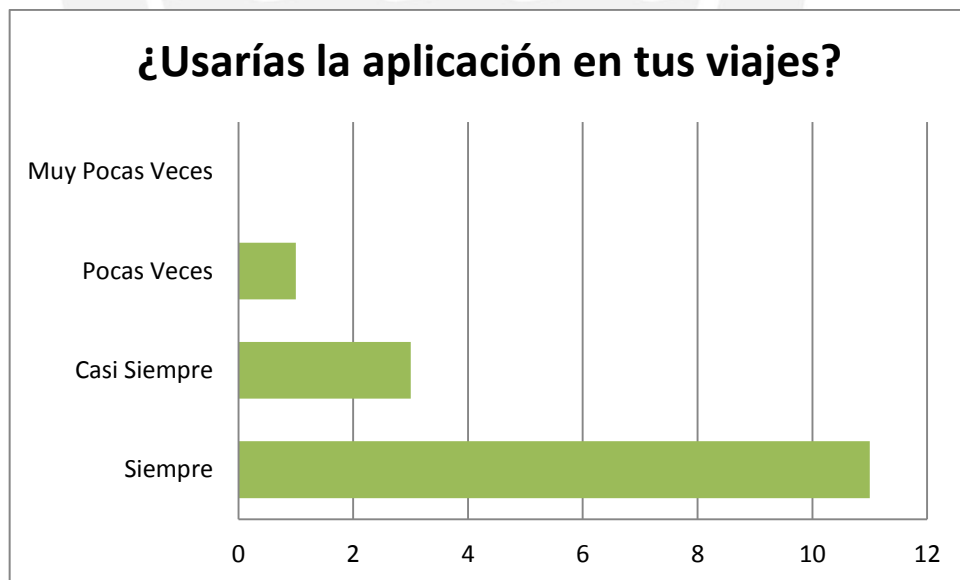
El 100% de los usuarios contestó que la aplicación nunca dejó de funcionar repentinamente lo que garantiza que esta es fiable ya que puede ejecutarse sin algún cierre repentino.

Así mismo se preguntó a los usuarios que tanto les gusto la aplicación y si la usaría a la hora de viajar.



**FIGURA 4.15: Encuesta de la apreciación de la aplicación**

FUENTE: [Elaboración Propia]



**FIGURA 4.16: Encuesta del uso frecuente**

FUENTE: [Elaboración Propia]

#### 4.5.1 Validación Funcional

Para la validación funcional se les pregunto a los usuarios por el funcionamiento de cada uno de los módulos, tanto para Realidad Aumentada, visor de imágenes y texto. Se les pregunto si los módulos funcionaban correctamente es decir; en el caso de Realidad Aumentada que reconozca la marca, muestre la imagen en 3D y reproduzca el archivo de audio, en el caso de el visor de imágenes que muestre las imágenes y la amplíe al seleccionarla; y en el modulo de texto que muestre el texto informativo. Cualquier funcionamiento que no corresponda con el mencionado será anotado como incorrecto

**TABLA 4 - 1: Validación de requerimientos funcionales**

**FUENTE: [Elaboración Propia]**

Requerimiento	Correcto	Incorrecto
<b>Módulo de Realidad Aumentada</b>	13	2
<b>Módulo de Imágenes</b>	15	0
<b>Módulo de Texto</b>	15	0

Para el módulo de Realidad Aumentada el 87% de usuarios contestó que funcionó correctamente; para el módulo de imágenes y texto el 100% de usuarios contestó que funcionó correctamente. Los dos casos marcados como incorrectos, un usuario indicó que el audio estaba muy bajo, mientras que el otro usuario mencionó que debía enfocar la marca completa para que la imagen 3D aparezca; lo cual es un requisito de la Realidad Aumentada basada en reconocimiento de marcas.

## Conclusiones

- Los sistemas operativos Android e iOS son los más apropiados para desarrollar aplicaciones si se quiere llegar a un gran número de usuarios, ya que abarcan el 82.9% del mercado de dispositivos móviles, liderando Android con un 65% del mercado.
- La herramienta de desarrollo para Realidad Aumentada NyARToolkit, resultó funcionar de manera óptima ya que permitió no solo la inclusión de imágenes 3D sino también que se ejecutaran archivos de audio al mismo tiempo.
- Los marcadores son un elemento importante ya que el diseño de estos influye directamente en el resultado de la aplicación. Los marcadores no deben ser ni muy simples ni muy complejos, el que no tengan detalle alguno hace que lo confunda con cualquier elemento capturado por la cámara; el que tenga muchos detalles hace que el reconocimiento sea deficiente. Así mismo es importante tener el marcador dentro del cuadro capturado por la cámara para su óptimo reconocimiento.
- Los resultados por parte de los usuarios experimentales, evidenciaron que a un 100% de los usuarios les gusto la aplicación. Así mismo un 93% de usuarios la usaria seguido en sus viajes.
- Los usuarios manifestaron en un 87% que el sistema cumple con los requisitos funcionales, es decir reconoce los marcadores, muestra las imágenes en 3D, ejecuta archivos de audio, muestra la galería de imágenes y muestra el texto informativo.



## ***Recomendaciones***

- Para trabajar con NyARToolkit se recomienda tener conocimientos sobre elaboración de imágenes en 3D de extensión .md2, o en su defecto tener las imágenes ya preparadas para incluirlas en la aplicación.
- Se recomienda utilizar un dispositivo móvil con una cámara de 2 o más Mega pixeles, ya que permiten una mejor captura de la escena para el procesado.
- El reconocimiento de marcas depende mucho del ambiente y la cercanía de la marca, se debe tener en cuenta que la cantidad de luz incidente sobre el marcador afectara su reconocimiento; así como que tan cerca o lejos se encuentre la cámara del objeto a reconocer.

## *Trabajos Futuros*

- Se propone que se implemente el sistema para el sistema operativo iOS, haciendo uso de las herramientas necesarias para este sistema operativo.
- Las herramientas mencionadas soportan no solo mostrar la imagen sino también incluir animaciones de esta, lo cual resultaría en una aplicación más llamativa y que pueda causar mayor impacto al usuario.



## Bibliografía

- [1] TELIA SONERA. Documento. "Telia Sonera History, 1956 MTA".  
URL: <http://www.teliasonerahistory.com/timeline-from-history-of-telia/1956/>  
Última fecha de consulta: 17 de noviembre del 2012.
- [2] UNIVERSITY OF KENTUCKY. Documento. "History of Mobile Applications".  
2012  
URL: <http://www.uky.edu/~jclark/mas490apps/History%20of%20Mobile%20Apps.pdf>  
Última fecha de consulta: 17 de noviembre del 2012.
- [3] SOUTHEM. Documento. "Infographic - The History of App Stores". 2012  
URL: <http://blog.shoutem.com/2012/02/07/infographic-the-history-of-mobile-app-stores/>  
Última fecha de consulta: 17 de noviembre del 2012.
- [4] MILGRAM, P., TAKEMURA, H., UTSUMI, F., & KISHINO, F. "Augmented Reality: A class of display on the reality-virtuality continuum". ATR Communication Systems Research Laboratories. Kyoto, Japón. 1994.
- [5] ROFFMANN, T., & FRIESE, T. "Mobile Augmented Reality for Learning". Computer-Supported Learning Research Group. Aachen, Alemania. 2011
- [6] GUILLEN ORTIZ. "UPV-MobARGuide Aplicación Android de Realidad Aumentada para guía interactiva de la UPV orientada a móviles". Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 2012
- [7] VIAN GIMENO. "Realidad Aumentada Fundamentos y Aplicaciones". Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 2011
- [8] MULLEN. "Prototyping Augmented Reality". John Wiley & Sons, Inc. Indiana, Estados Unidos. 2011
- [9] REKIMOTO, J. & NAGAO, K. "The world through the computer: Computer augmented interaction with real environments". ACM Symposium on User Interface Software and Technology. Tokyo, Japón. 1995.
- [10] ARTOOLKIT. Documento. "History"  
URL: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/history.htm>  
Última fecha de consulta: 17 de noviembre del 2012.
- [11] JULIER, S., BAILOT, Y., LANZAGORTA, M., BROWN, D. & ROSENBLUM, L. "BARS: Battlefield Augmented Reality System". Advance Information Technology, Naval Research Laboratory. Washington, Estados Unidos. 2000.

- [12] M. Kalkusch, T. Lidy, M. Knapp, G. Reitmayr, H. Kaufmann, D. Schmalstieg. "Structured Visual Markers for Indoor Pathfinding". Vienna University of Technology, 2002
- [13] NYARTOOLKIT. Documento. "History.en".2011  
URL: <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wiki2/index.php?History.en>  
Última fecha de consulta: 17 de noviembre del 2012.
- [14] ALL THINGS D. Documento. "Exclusive: Nokia to Exit Symbian, Low-End Phone Bussinesses in North America".2011  
URL:<http://allthingsd.com/20110809/exclusive-nokia-to-exit-symbian-low-end-phone-businesses-in-north-america/?mod=tweet>  
Última fecha de consulta: 17 de noviembre del 2012.
- [15] MOBILES.CO.UK. Documento. "How many apps for smarthphones in 2012".2012  
URL: <http://blog.mobiles.co.uk/app-reviews/how-many-apps-2012/>  
Última fecha de consulta: 17 de noviembre del 2012.
- [16] FORBES. Documento. "Windows Phone Reaches The 100,000 Application Milestone". 2012  
URL:<http://www.forbes.com/sites/ewanspence/2012/06/05/windows-phone-reaches-the-100000-application-milestone/>  
Última fecha de consulta: 18 de noviembre del 2012.
- [17] MOBILE STATISTICS. Documento. "Total Apps Available". 2012  
URL: <http://www.mobilestatistics.com/mobile-statistics/>  
Última fecha de consulta: 18 de noviembre del 2012.
- [18] CNET. Documento. "Mobile app revenue set to soar to \$46 billion in 2016". 2012  
URL:[http://news.cnet.com/8301-13506\\_3-57379364-17/mobile-app-revenue-set-to-soar-to-\\$46-billion-in-2016/](http://news.cnet.com/8301-13506_3-57379364-17/mobile-app-revenue-set-to-soar-to-$46-billion-in-2016/)  
Última fecha de consulta: 18 de noviembre del 2012.
- [19] GARTNER. Documento. "Gartner Says Worldwide Sales of Mobile Phones Declined 2 Percent in First Quarter of 2012". 2012  
URL: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=2017015>  
Última fecha de consulta: 18 de noviembre del 2012.
- [20] GARTNER. Documento. "Gartner Says Worldwide Sales of Mobile Phones Declined 2.3 Percent in Second Quarter of 2012". 2012  
URL: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=2120015>  
Última fecha de consulta: 18 de noviembre del 2012.

- [21] GARTNER. Documento. "Gartner Says Worldwide Sales of Mobile Phones Declined 3 Percent in Third Quarter of 2012". 2012  
URL: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=2237315>  
Última fecha de consulta: 18 de noviembre del 2012.
- [22] GENERACIÓN PIXEL. Documento. "Análisis: Reality Fighters". 2012  
URL: <http://www.generacionpixel.com/2012/03/18/analisis-reality-fighters/>  
Última fecha de consulta: 22 de noviembre del 2012.
- [23] AUGMENTED REALITY IN EDUCATION. Documento. "Augmented Reality Solar System Magic Book". 2012.  
URL: <http://www.arined.org/?p=666>  
Última fecha de consulta: 22 de noviembre del 2012.
- [24] MEDICAL AUGMENTED REALITY. Documento. "Interview with Dr. Marco Feuerstein - Augmented Reality in Laparoscopic Surgery". 2011  
URL: <http://mediclaugmentedreality.com/>  
Última fecha de consulta: 22 de noviembre del 2012.
- [25] SIELHORTS, T., FEUERSTEIN, M. & NAVAB, N. "Advance Medical Display: A Literature Review of Augmented Reality". Journal of Display Technology. 2008
- [26] BMW SERVICE. Documento. "BMW Augmented Reality"  
URL: [http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented\\_reality\\_introduction\\_2.html](http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented_reality_introduction_2.html)  
Última fecha de consulta: 22 de noviembre del 2012.
- [27] EXTREME TECH. Documento. "US military developing multi-focus augmented reality contact lenses". 2012.  
URL: <http://www.extremetech.com/computing/126043-us-military-developing-multi-focus-augmented-reality-contact-lenses>  
Última fecha de consulta: 22 de noviembre del 2012.
- [28] TOMORROW'S TOURISM. Documento. "Augmented Reality and the World of Science Fiction"  
URL: <http://www.tomorrowstourist.com/si-fi.php>  
Última fecha de consulta: 22 de noviembre del 2012.
- [29] MILLIONSOFMILES. Documento. "Mercedes-Benz Augmented Reality Apps - Enhancing the Brochure". 2012.  
URL: <http://millionsofmyles.com/2012/01/mercedes-benz-augmented-reality-apps-enhancing-the-brochure/>  
Última fecha de consulta: 22 de noviembre del 2012.

- [30] JUNIPER RESEARCH. Documento. "Press Release: Augmented Reality Mobile Apps to Generate Nearly \$300mm in Revenues Next Year, Juniper Report Finds". 2012.  
URL: <http://www.juniperresearch.com/viewpressrelease.php?pr=348>  
Última fecha de consulta: 22 de noviembre del 2012.
- [31] COLOMBIA TRAVEL. Documento. "Campaña de Turismo de Colombia: Colombia el riesgo es que te quieras quedar". 2012  
URL: <http://www.colombia.travel/es/prensa/campana-del-riesgo>  
Última fecha de consulta: 26 de noviembre del 2012.
- [32] GOBIERNO BOLIVARIANO DE VENEZUELA. Documento. "Venezuela conocerla es tu destino"  
URL: <http://www.venezuelaturismo.gob.ve/principal.php>  
Última fecha de consulta: 26 de noviembre del 2012.
- [33] SECTUR. Documento. "Mundo Maya 2012". 2012.  
URL: [http://www.sectur.gob.mx/es/sectur/MUNDO\\_MAYA\\_2012](http://www.sectur.gob.mx/es/sectur/MUNDO_MAYA_2012)  
Última fecha de consulta: 26 de noviembre del 2012.
- [34] PERU INFO. Documento. "Marca País".  
URL: <http://www.peru.info/>  
Última fecha de consulta: 26 de noviembre del 2012.
- [35] LA TERCERA. Documento. "Perú lanza su nueva imagen país con original y exitoso cortometraje". 2011  
URL: <http://diario.latercera.com/2011/07/17/01/contenido/mundo/8-76817-9-peru-lanza-su-nueva-imagen-pais-con-original-y-exitoso-cortometraje.shtml>  
Última fecha de consulta: 26 de noviembre del 2012.
- [36] EL COMERCIO. Documento. "Marca Perú y Loreto, Italia , su nuevo spot". 2012  
URL: <http://elcomercio.pe/turismo/1443743/noticia-video-mira-spot-loreto-italia>  
Última fecha de consulta: 26 de noviembre del 2012.
- [37] EL COMERCIO. Documento. "Marca Perú: descubra qué es y cómo nos beneficiaría ante el mundo". 2011  
URL: <http://elcomercio.pe/economia/725390/noticia-marca-peru-descubra-que-como-nos-beneficiara-ante-mundo>  
Última fecha de consulta: 26 de noviembre del 2012.
- [38] MINCETUR. Documento. "Llegada de Turistas Internacionales". 2012  
URL: <http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Default.aspx?tabid=3459>  
Última fecha de consulta: 26 de noviembre del 2012.

- [39] World Travel & Tourism Council. "Travel & Tourism Economic Impact 2012 Peru". 2012
- [40] VISA. Enjoy Peru With Visa, Guía Turística. Perú. 2012
- [41] REVISTA TURISMO Y TECNOLOGÍA. Documento. "Una aplicación móvil sustituye la guía de papel de los turistas en la Costa del Sol". 2012  
URL:<http://turismoytecnologia.com/aplicaciones-y-software-apps-soft-para-turismo/item/1509-una-aplicaci%C3%B3n-m%C3%B3vil-sustituye-la-gu%C3%ADa-de-papel-de-los-turistas-en-la-costa-del-sol>  
Última fecha de consulta: 26 de noviembre del 2012.
- [42] AD-DISPATCH. Documento. "A Magical Tourism application of Augmented Reality". 2012  
URL:<http://www.ad-dispatch.com/a-magical-tourism-application-of-augmented-reality/>  
Última fecha de consulta: 26 de noviembre del 2012.
- [43] ETIPS. Documento. "Travel Guide". 2012  
URL: <http://www.etips.com/en/>  
Última fecha de consulta: 26 de noviembre del 2012.
- [44] THE VERGE. Documento. "Android: A visual history". 2011  
URL: <http://www.theverge.com/2011/12/7/2585779/android-history>  
Última fecha de consulta: 27 de noviembre del 2012.
- [45] MEIER. "Professional Android 2 Application Development". Wrox. Indiana, Estados Unidos. 2012
- [46] THE VERGE. Documento. "iOS: A visual history". 2011  
URL: <http://www.theverge.com/2011/12/13/2612736/ios-history-iphone-ipad>  
Última fecha de consulta: 27 de noviembre del 2012.
- [47] HUB PAGES. Documento. "A Brief History Of The Blackberry Mobile". 2012  
URL:<http://budbrain.hubpages.com/hub/A-Brief-History-Of-The-Blackberry-Mobile>  
Última fecha de consulta: 27 de noviembre del 2012.
- [48] ARSTECHNICA. Documento. "Microsoft: no backwards compatibility for Windows Phone 7". 2010  
URL:<http://arstechnica.com/information-technology/2010/03/microsoft-no-backwards-compatibility-for-windows-phone-7/>  
Última fecha de consulta: 27 de noviembre del 2012.
- [49] WINDOWS. Documento. "Windows Phone 7 - Released to Manufacturing". 2010  
URL:[http://blogs.windows.com/windows\\_phone/b/windowsphone/archive/2010/09/01/windows-phone-7-released-to-manufacturing.aspx](http://blogs.windows.com/windows_phone/b/windowsphone/archive/2010/09/01/windows-phone-7-released-to-manufacturing.aspx)  
Última fecha de consulta: 27 de noviembre del 2012.

- [50] ZDNET. Documento. "Windows Phone 8: the developers perspective". 2012.  
URL:<http://www.zdnet.com/windows-phone-8-the-developer-perspective-4010026440/>  
Última fecha de consulta: 27 de noviembre del 2012.
- [51] PORTALÉS RICART. "Entornos Multimedia de Realidad Aumentada en el Campo del Arte". Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 2008.
- [52] PCMAG. Documento. "IDE"  
URL: [http://www.pcmag.com/encyclopedia\\_term/0,1237,t=IDE&i=44707,00.asp](http://www.pcmag.com/encyclopedia_term/0,1237,t=IDE&i=44707,00.asp)  
Última fecha de consulta: 2 de diciembre del 2012.
- [53] ANDROID. Documento. "Setting Up an Existing IDE". 2012  
URL: <http://developer.android.com/sdk/installing/index.html>  
Última fecha de consulta: 2 de diciembre del 2012.
- [54] APPLE. Documento. "Create Apps for iOS 6". 2012  
URL: <https://developer.apple.com/devcenter/ios/checklist/>  
Última fecha de consulta: 2 de diciembre del 2012.
- [55] BLACKBERRY. Documento. "BlackBerry Java 7.1 SDK". 2012  
URL: <https://developer.blackberry.com/java/download/eclipse/>  
Última fecha de consulta: 2 de diciembre del 2012.
- [56] WINDOWS PHONE. Documento. "How to create your first app for Windows Phone". 2012  
URL:[http://msdn.microsoft.com/library/windowsphone/develop/ff402526\(v=vs.105\).aspx](http://msdn.microsoft.com/library/windowsphone/develop/ff402526(v=vs.105).aspx)  
Última fecha de consulta: 2 de diciembre del 2012.
- [57] ARLAB. Documento. "Augmented Reality SDKS"  
URL: <http://www.arlab.com/products>  
Última fecha de consulta. 4 de diciembre del 2012.
- [58] ARTOOLWORKS. Documento. "Products"  
URL: <http://www.artoolworks.com/products/>  
Última fecha de consulta. 4 de diciembre del 2012.
- [59] DROIDAR. Documento. "Project Overview"  
URL: <http://code.google.com/p/droidar/>  
Última fecha de consulta: 4 de diciembre del 2012.
- [60] LAYAR. Documento. "Pricing"  
URL: <http://www.layar.com/pricing/>  
Última fecha de consulta: 4 de diciembre del 2012.



- [61] METAIO. Documento. "Augmented Reality Software Store"  
URL: <http://www.metaio.com/store/>  
Última fecha de consulta: 4 de diciembre del 2012.
- [62] SOURCEFORGE.JP. Documento: "NyARToolkit"  
URL: <http://sourceforge.jp/projects/nyartoolkit/>  
Última fecha de consulta: 4 de diciembre del 2012.
- [63] QUALCOMM. Documento. "Vuforia"  
URL: <http://www.qualcomm.com/solutions/augmented-reality>  
Última fecha de consulta: 4 de diciembre del 2012.
- [64] FINANCIAL POST. Documento. "RIM's smartphones market share continues downward spiral". 2012  
URL: <http://business.financialpost.com/2012/08/14/rims-smartphone-market-share-continues-downward-spiral/>  
Última fecha de consulta: 4 de diciembre del 2012.
- [65] LANCASTER UNIVERSITY. Documento. "Visual Location Tracking using Artificial Landmarks".  
URL: [http://www.lancs.ac.uk/staff/lowton/\\_junk/Undergrad%20Final%20Year%20Project/Visual%20Location%20Tracking%20using%20Artificial%20Landmarks.pdf](http://www.lancs.ac.uk/staff/lowton/_junk/Undergrad%20Final%20Year%20Project/Visual%20Location%20Tracking%20using%20Artificial%20Landmarks.pdf)  
Última fecha de consulta: 4 de diciembre del 2012.
- [66] FLASH.TAROTARO.ORG. Documento. "ARToolkit Marker Generator 2"  
URL: <http://flash.tarotaro.org/blog/2009/07/12/mgo2/>  
Última fecha de consulta: 4 de diciembre del 2012.
- [67] ARTOOLKIT. Documento. "How does ARToolkit work?"  
URL: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/userarwork.htm>  
Última fecha de consulta: 4 de diciembre del 2012.
- [68] TRIMBLE GALERÍA 3D.  
URL: <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/search?q=CARAL&styp=m&scoring=t&btnG=Buscar>  
Última fecha de consulta: 4 de diciembre del 2012.
- [69] BLENDER. Documento. "Home"  
URL: <http://www.blender.org/>  
Última fecha de consulta: 4 de diciembre del 2012.
- [70] MIN3D. Documento. "Project Home"  
URL: <http://code.google.com/p/min3d/>  
Última fecha de consulta: 4 de diciembre del 2012.