

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



TESIS DE GRADO

**“REALIDAD AUMENTADA EN EL MUSEO DE INSTRUMENTOS
MUSICALES DE BOLIVIA”**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA
MENCIÓN: INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**POSTULANTE: MARIA EUGENIA CALLISAYA CHAVEZ
TUTOR METODOLOGICO: Ph. D. JAVIER HUGO REYES PACHECO
ASESOR: Ph. D. YOHONI CUENCA SARZURI**

**LA PAZ – BOLIVIA
2017**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi madre Martha Chávez Laura una mujer muy virtuosa y luchadora que con su amor infinito y su apoyo incansable llegue a esta instancia de mi vida, al mismo tiempo animándome día a día en cada etapa de mis estudios y exhortándome que Dios no me dejará jamás sola.

De igual manera dedico mi trabajo a mi tutor metodológico Javier Hugo Gustavo Reyes Pacheco, a mi asesor Yohoni Cuenca Sarzuri ya que este trabajo es el fruto de sus conocimientos que me fueron impartidos en el transcurso de mi carrera.

También va dedicado a mis compañeros de trabajo de la Agencia Nacional Hidrocarburos quienes me acogieron en sus instalaciones durante el periodo de mis pasantías en el cual me compartieron sus conocimientos de manera incondicional de tal modo doy gracias al ingeniero Sergio Vidal, Ingeniero Israel Céspedes, Rafael Aliaga, Jorge Villca y a Israel Quisbert gracias a cada uno aprendí a desenvolverme en el ámbito laboral.

AGRADECIMIENTOS

Al ser supremo más importante que conocí, quien me dio toda la sabiduría, fortaleza y gracia para llegar a este punto de mi vida y el más importante, gracias a Dios tengo todo lo que tengo, gracias a Dios llegue hasta donde llegue y gracias a Dios soy lo que soy por todo eso con todo mi corazón le doy gracias a Dios.

De igual manera agradezco a mis hermanos y hermanas quienes fueron la base de mi decisión en optar la carrera.

Agradezco infinitamente a mis padres espirituales Edwin Ticona Gamboa y Verónica Quispe de Gamboa quienes me guiaron en el camino del Señor enseñándome la palabra de Dios.

Amigas que me ayudaron a no desmayar en la culminación de mi carrera que son Maria Luisa Rojas Febrero y Claudia Reyes Ortiz Quispe, quienes día a día me animaron a proseguir adelante y colaborándome en lo que necesitara.

Esa persona que llega a tu vida y llega para quedarse; doy gracias a Dios por ponerlo en mi camino a Abel Bertu Condori, muy pronto enlazados por Dios.

RESUMEN

Los turistas son el factor más importante para el crecimiento y reconocimiento de nuestros atractivos turísticos que se tienen en diferentes lugares de nuestro país incluso reservados en algunos museos.

Los museos son la fuente más extensa de historia, las cuales almacenan en sus predios grandes historias de tiempos antiguos e importantes no solo nacionales sino también internacionales las cuales hacen que la historia perdure viva y sigan trascendiendo nuevas generaciones.

Los museos albergan información viva y es precisamente esa información viva que es el punto de atracción de cada turista cuya información se puede mejorar y resaltar aún más para que siga trascendiendo.

En la actualidad se usan las nuevas tecnologías de información para todo tipo de necesidad de la sociedad así como sistematizar procesos que se realizan manualmente.

En la presente propuesta de investigación se realiza el modelado, análisis, diseño y desarrollo de una aplicación computarizada que toma como objeto de estudio el museo de instrumentos musicales de Bolivia; en la aplicación se integran tecnologías móviles, realidad aumentada enfocada al turismo, las cuales permiten resolver las falencias que se tiene en cuanto a la promoción, preservación y difusión de los instrumentos.

Palabras Claves: Realidad Aumentada, Tecnología Móvil, Museos, Modelado, Turismo

SUMMARY

The tourists are the most important factor for growth and recognition of our tourist attractions, they have different places of our country, even reserved in some museums.

Museums are the most extensive source of history, which to stock great stories of ancient and important times, not only national but also international ones, which make history live and continue to transcend new generations.

Museums house live information and it is precisely this living information that is the point of attraction of each tourist whose information can be improved and highlighted even more so that it continues to transcend.

Currently, new information technologies are used for all types of society's needs, as well as systematizing processes that are carried out manually.

In the present research , we propose the modeling, analysis, design and development of a computerized application is carried out that takes as an object of study the museum of musical instruments from Bolivia; In this application, mobile technologies, augmented reality focused on tourism are integrated, which allow resolve the shortcomings in the promotion, preservation and diffusion of the instruments.

Key Words: Augmented Reality, Mobile Technology, Museums, Modeling, Tourism

Contenido

INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE TABLAS	x
CAPÍTULO 1.....	1
MARCO PRELIMINAR	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes	2
1.2.1 Proyectos Innovadores	2
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.3.1 Problema principal.....	4
1.3.2 Problemas específicos.....	4
1.3.3 Formulación de preguntas de investigación.....	5
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
1.5 Justificación	5
1.5.1 Justificación social.....	5
1.5.2 Justificación económica	6
1.5.3 Justificación tecnológica	7
1.5.4 Justificación operativa	7
1.6 Campo de trabajo.....	7
1.7 Objeto de estudio.....	7
1.8 Alcances y límites	7
1.8.1 Alcances.....	7
1.8.2 Límites	8
1.9 Cronograma.....	8
1.10 Costo de la tesis.....	9
1.11 Metodología	10
1.11.1 Tipo de investigación.....	10
1.11.2 Universo y muestra.....	10

CAPÍTULO 2	11
MARCO TEÓRICO	11
2.1 Museos	11
2.1.1 Museos internacionales	11
2.1.2 Museos nacionales	15
2.2 Definición del museo de instrumentos musicales de Bolivia	18
2.2.1 Historia	18
2.2.2 Funcionamiento	18
2.2.3 Objetos exhibidos	19
2.3 Realidad aumentada	23
2.3.1 Proceso de la realidad aumentada	23
2.3.1.1 Captura de escenario	24
2.3.1.2 Identificación de la escena	25
2.3.1.3 Mezclado de realidad y aumento	27
2.3.1.4 Virtualización de la escena	28
2.3.2 Herramientas para la realidad aumentada	28
2.4 Unity 3D	32
2.5 Dispositivos Móviles	33
2.6 Sistema Operativo Android	34
2.6.1 Ciclos de vida de Android	34
2.6.2 Versiones y características de Android	37
2.7 Blender	39
2.8 Mobile-D	39
2.8.1 Exploración	41
2.8.2 Inicialización	41
2.8.3 Producción	42
2.8.4 Estabilización	42
2.8.5 Prueba y reparación del sistema	43
2.9 Diagrama de actividades sobre el diagnostico actual del Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia	43

CAPÍTULO 3	45
MARCO APLICATIVO	45
3.1 Método de desarrollo de software	47
3.1.1 Fase de exploración	47
3.1.2 Fase de inicialización	52
3.1.3 Fase de producción	65
3.1.4 Fase de estabilización	72
3.1.5 Fase de pruebas	72
CAPÍTULO 4	80
EVALUACIÓN Y RESULTADOS	80
4.1 Respuesta a preguntas de investigación planteadas	80
CAPÍTULO 5	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1 Conclusiones	82
5.2 Recomendaciones	83
BIBLIOGRAFÍA	1

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. App del museo MOMA en Nueva York	12
Figura 2.2. Muestra de las vistas de la App MOMA.....	12
Figura 2.3. Muestras de vista de la App.....	13
Figura 2.4. Muestras de vistas de la App.....	13
Figura 2.5. Piezas más conocidas del Louvre.....	14
Figura 2.6. Muestra de vistas de la App.....	15
Figura 2.7. Transformación de una sala en un entorno virtual.....	16
Figura 2.8. Desarrollador muestra los avances con los insectos.....	18
Figura 2.9. División de los cordófonos.....	20
Figura 2.10. División de los aerófonos.....	21
Figura 2.11. División de los idiófonos.....	21
Figura 2.12. División de los electrófonos.....	22
Figura 2.13. Esquema funcional del sistema de RA	24
Figura 2.14. Ciclo de vida de Android.....	34
Figura 2.15: Ciclo de desarrollo Mobile D.....	40
Figura 2.16: Diagrama de actividades sobre el diagnostico actual.....	44
Figura 3.1: Arquitectura de la aplicación.....	51
Figura 3.2: Diagrama de proceso por fases adaptado a la metodología de Mobile-D.....	52
Figura 3.3: Casos de uso general de la aplicación.....	53
Figura 3.4: Expansión del caso de uso IMAGEN.....	54
Figura 3.5: Expansión del caso de uno MODELO 3D RA.....	54
Figura 3.6: Información que se encuentra en el Museo.....	58
Figura 3.7: Icono que muestra más información	58
Figura 3.8: Expansión de información y un video de referencia	59
Figura 3.9. Diagrama de actividades con la aplicación MusicRA.....	60
Figura 3.10: Pantalla principal de la aplicación móvil.....	69
Figura 3.11: Pantalla principal de la aplicación móvil	70
Figura 3.12: Prueba en resolución de pantalla 720x1280.....	73

Figura 3.13: Prueba en resolución de pantalla 5.1 pulgadas.....	73
Figura 3.14: Prueba en resolución de pantalla 1920x1080.....	74
Figura 3.15: Prueba en resolución de pantalla 5.0 pulgadas.....	74
Figura 3.16: Usuario probando aplicación.....	76
Figura 3.17: Usuario probando aplicación.....	77
Figura 3.18: Usuario probando aplicación.....	77
Figura 3.19: Usuario probando aplicación.....	78
Figura 3.20: Usuario probando aplicación.....	78
Figura 3.21: Usuario probando aplicación.....	79

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Cronograma de actividades.....	8
Tabla 1.2: Presupuesto de la Tesis.....	9
Tabla 3.1: Plan de trabajo realizado según la metodología.....	45
Tabla 3.2: Actores intervinientes en la construcción de la aplicación.....	48
Tabla 3.3: Requerimientos funcionales.....	49
Tabla 3.4: Requerimientos no funcionales.....	50
Tabla 3.5: Descripción de caso de uso – Reconocimiento de Imagen.....	55
Tabla 3.6: Descripción de caso de uso – Modelo 3D RA.....	56
Tabla 3.7: Diseño de pantallas del aplicativo.....	61
Tabla 3.8: Diagrama de Gantt.....	64
Tabla 3.9: Instrumentos musicales que se seleccionaron.....	66
Tabla 3.10: Markes generados para cada instrumento.....	68
Tabla 3.11: Funcionalidades de botones en la aplicación	71
Tabla 3.12: Cumplimiento de requerimientos funcionales.....	75

MARCO PRELIMINAR

1.1 Introducción

En la actualidad la información que maneja cada museo es de vital importancia para el centro turístico que llega a nuestro país, el atractivo turístico que presenta cada país es la imagen que lleva cada turista a su país de origen. La muestra al público de todas nuestras riquezas que tenemos es el modo en como lo presentemos, o que instrumentos utilizamos para que nuestras riquezas sean conocidas a nivel mundial, no solo reconocido sino también puedan admirar nuestras riquezas y que tengan las ganas de volver a nuestro país a visitarnos.

Pero, para que cada turista tenga las ganas de volver a visitarnos, lo que se desea realizar en esta Tesis de Grado es implementar una aplicación para que los visitantes que concurren el Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia puedan estar actualizados en cuanto a la información que requieren obtener al visitar dicho museo.

Las nuevas tecnologías en la actualidad han ido progresando a grandes pasos las cuales impulsan a mejorar el aspecto de cada punto atractivo para la mejora de imagen e incremento económico, estas nuevas tecnologías son el punto débil de un turista ya que constantemente está cerca de estas nuevas tecnologías y al pendiente de nuevas actualizaciones. Los celulares móviles poseen la capacidad de soportar esta tecnología de la realidad aumentada, por esta razón es bueno aprovechar esta tecnología con el desarrollo de nuevas aplicaciones que estén a favor de nuestras riquezas en cultura, turismo, educación, medicina, etc.

El incremento de visitas a un centro turístico es de vital importancia para el reconocimiento a nivel nacional e incluso internacional, tal vez no por lo que se exhibe sino como

presentamos o que medios utilizamos para que lo común se convierta en atracción única y de buena categoría, presentando información adecuada de lo que se está observando.

El uso de la realidad aumentada se ha convertido en una herramienta de mucho interés ya que no solo sirve para el desarrollo de videojuegos sino también para darle más importancia y vida a algo que a simple vista parece muerto.

La meta de esta tesis es lograr atraer el interés de los turistas al museo no solo pensando a nivel económico, sino que cada uno de los que visitan este sitio obtengan más interés por los instrumentos y exista una interacción entre el turista y el instrumento, pero esto solo puede lograrse a través de una nueva aplicación que otorgue información actualizada de cada instrumento que el usuario está observando.

1.2 Antecedentes

Mientras el turismo continúa siendo una de las industrias que más rápido crece, muchas naciones en desarrollo están utilizando con el fin de ganar intercambio y alentar la inversión extranjera.

1.2.1 Proyectos Innovadores

“Realidad aumentada para el atractivo turístico del parque Cretácico-Sucre”, Desarrolla una aplicación en Realidad Aumentada que permite acceder a la información del mundo físico en forma digital que provee información en dispositivos móviles de las sorprendentes réplicas de las especies de los dinosaurios de la era cretácica dando una interacción con los turistas que visitan el lugar (Gutiérrez, 2015).

“Realidad aumentada y reconocimiento de imágenes en el ámbito educativo”, Reforzar los procesos de enseñanza y aprendizaje del tema universo cósmico del texto escolar ciencias sociales en estudiantes de sexto grado de primaria, a través del uso de tecnologías, utilizando la realidad aumentada a través de reconocimiento de imagen del texto escolar

para la visualización de modelos 3D y la realidad virtual como instrumento para la representación del universo (Luque, 2015).

“*The Golden Calf*”. La obra de Shaw marca el inicio de lo que se denominaría “Realidad Aumentada”. En esta instalación, los visitantes se encuentran ante una peana vacía y un monitor que pueden coger entre sus manos. Al observar la peana a través del monitor, aparece la figura de un becerro de oro modelado en 3D. La pantalla dispone de un sistema de seguimiento, de tal manera que al moverse en torno a la peana, el espectador puede ver la figura desde distintos ángulos, siempre en relación a la distancia y posición en que se encuentre respecto a la misma (Shaw, 2012).

“*Proyecto de realidad aumentada en el Museo de Orce*” El proyecto consiste en implementar un sistema de realidad aumentada en el Museo de Prehistoria y Paleontología de Orce. En el cual les da vida a los huesos y muestra una representación del animal de cómo era, además parte de su información. Este proyecto mejora la comprensión de cada pieza expuesta, mostrando una difusión de información más atractiva (Rascón, 2014).

La realidad aumentada ha llegado a usarse para la información, educación, medicina, entretenimiento, y otras áreas. En estas nuevas áreas ha mejorado su punto de vista y su crecimiento de los mismos.

1.3 Planteamiento del problema

En el Estado Plurinacional de Bolivia la falta de preservación de los atractivos turísticos repercute en la desaparición del patrimonio histórico progresivamente dando paso a nuevas imágenes, nuevos símbolos que no tienen una base histórica (Borrega, 2009) menciona “*A causa de la falta de preservación, lo que genera es una pérdida de continuidad histórica, una pérdida de la identidad de los pueblos y de alguna manera la relación del hombre con su entorno a través de los años, a través de la invención del pasado y unas tradiciones que nunca existieron, por moda o signo de bienestar y estilo de vida*”.

Poma, (2011) menciona “Los medios de comunicación y la difusión de información, son muy importantes para fortalecer una actividad económica, más aún cuando se trata del Sector Turismo, el cual necesita de la promoción turística para su crecimiento y desarrollo.

Es así que Internet abre esta puerta de transmisión de información de manera oportuna y veraz ante el mundo, brindando una ventaja para el fortalecimiento de una economía”; también cabe mencionar que la información que se da al turista debe ser como el libro Manual de Información Turística (OTI's) cree pertinente e indica que se debe gestionar la entrega de información útil al o la visitante.

1.3.1 Problema principal

En la actualidad la información del “Museo de instrumentos Musicales de Bolivia” en folletos al ingreso del mismo no es suficiente y tampoco está actualizada.

1.3.2 Problemas específicos

- Los turistas que visitan el “Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia” necesitan ingresar a internet para obtener más información sobre lo que están observando y en ocasiones se requiere mucho tiempo para encontrar dicha información.
- El personal a cargo del Museo necesita actualizar la información que tiene por el lapso de un tiempo determinado el cual puede extenderse.
- Leer un libro, no está mal, pero es más emocionante tener la información en el momento que se está interactuando con el instrumento, además que en internet no se encuentra toda la información que necesitamos en una sola página.

1.3.3 Formulación de preguntas de investigación

- ¿Qué se necesita conocer para poder desarrollar la aplicación de la tesis?
- ¿Qué información y que procesos se hacen en la actualidad?
- ¿Es posible desarrollar la aplicación Android que de información actualizada a visitantes al museo?
- ¿Será posible que un sistema de información pueda brindar una información actualizada a los visitantes?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar una aplicación android que brinde información actualizada a los visitantes respecto al Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia mediante Realidad Aumentada.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Facilitar el acceso en forma digital sobre la historia de los instrumentos que se tienen en el museo mediante una aplicación.
- Desarrollar una interfaz para que un administrador pueda realizar la adición y eliminación de los instrumentos del museo.
- Facilitar el acceso a la información sobre los instrumentos en un menor tiempo y en un solo lugar.

1.5 Justificación

1.5.1 Justificación social

La tecnología de la realidad aumentada está teniendo un crecimiento impresionante que está siendo aplicada a una gran variedad de áreas. La realidad aumentada incrementa la

motivación de seguir aprendiendo y son nuevas formas para adaptarlas a nuevas necesidades que surgen.

El sector turístico es uno de los sectores que generan empleos e ingresos sostenibles al Estado, la presente tesis lo sitúa como una actividad productiva y estratégica.

Por otro lado, tanto estudiantes como turistas obtendrán la información requerida al instante de la visita al museo, esto provocara mayor influencia en visitas, no solo del sector nacional, sino visitas extranjeras.

El museo obtendrá un beneficio al contar con un material didáctico, innovador y entretenido que proporciona una herramienta diferente al museo de Instrumentos Musicales de Bolivia.

La población del Departamento de La Paz llega a beneficiarse ampliando e integrando la información de la difusión del atractivo que presenta, realizando un prototipo del atractivo turístico del museo de Instrumentos Musicales de Bolivia donde se muestra cada componente de cada salón.

1.5.2 Justificación económica

En cuanto a la economía, presenta una justificación económica, puesto que la aplicación propuesta optimizará la economía en cuanto a la elaboración de trípticos, revistas y periódicos que realiza dicho museo, ya que la aplicación presenta información necesaria y no necesita invertir grandes cantidades de dinero para su elaboración y también se reducirá el tiempo que toma su elaboración.

También tanto los estudiantes como el sector turístico se evitarán utilizar los cafés internet para obtener la información de cada instrumento que vieron en los ambientes del museo, ya que dicha información será instantánea al momento de visualizar los instrumentos.

1.5.3 Justificación tecnológica

Presentación de una buena imagen del país hacia los turistas por el uso de nuevas tecnologías como un atractivo y mejoramiento, interactuando con diferentes ciencias aprovechando los recursos que prestan los dispositivos móviles y el uso de la Realidad Aumentada.

Además, que estas nuevas tecnologías son exentas y fáciles de usar, de este modo la interacción entre el usuario y la aplicación no presentara complejidad alguna.

1.5.4 Justificación operativa

Una vez concluido el tesis, este quedara en manos de algún personal especializado que tenga el Museo de Instrumento Musicales, en caso de que no contar con dicho personal el museo se verá obligado a la contratación de un personal para el área, ya que esa inversión no resultaría un gasto caso contrario resultara una inversión, este personal está a cargo de incrementar datos a la tesis y de realizar el mantenimiento necesario.

1.6 Campo de trabajo

El campo en el cual se desarrollará la tesis será REALIDAD AUMENTADA.

1.7 Objeto de estudio

Esta tesis está orientada para darle una mejor atracción al “**Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia**”.

1.8 Alcances y límites

1.8.1 Alcances

El Museo de instrumentos Musicales de Bolivia ubicado en la calle Jaén No. 711, con una gran cantidad de objetos a disposición.

1.8.2 Límites

El prototipo sólo muestra la virtualización de los instrumentos que se encuentran en el Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia por lo cual no toma en cuenta otros museos.

1.9 Cronograma

En la tabla 1.1 se muestra un detalle de las actividades que se realizará para la elaboración de esta Tesis en el lapso de 5 meses, tomando en cuenta los días laborales que serían 108 días hábiles para presentar la Tesis.

Tabla 1.1: Cronograma de actividades
Fuente: Creación propia

ACTIVIDAD	TIEMPO																			
	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Levantamiento de Datos																				
Análisis de Datos																				
Diseño																				
Desarrollo																				
Entrega																				
Pruebas																				

Días laborales para cada actividad:

Levantamiento de datos → esta actividad se tendrá que realizar en 21 días hábiles.

Análisis de datos → esta actividad se tendrá que realizar en 12 días hábiles.

Diseño → esta actividad se tendrá que realizar en 22 días hábiles.

Desarrollo → esta actividad se tendrá que realizar en 32 días hábiles.

Entrega → esta actividad se tendrá que realizar en 10 días hábiles.

Pruebas → esta actividad se tendrá que realizar en 11 días hábiles.

1.10 Costo de la tesis

El costo de un Tesis varía mucho en cuanto a lo que se utiliza, también el tiempo que se está invirtiendo para su realización, en la tabla 1.2 se detalla los recursos que se necesitará en cuanto a cantidad y costo de cada recurso en el transcurso del desarrollo de la tesis desde el levantamiento de datos que se mostró en la Tabla 1.1 hasta la culminación de las pruebas que se llevarán a cabo. Mostrando un valor aproximado que debería obtener la aplicación.

Tabla 1.2: Presupuesto de la Tesis

Fuente: Creación propia

RECURSOS	CANTIDAD	COSTO
Computadora	2 computadoras	Bs. 6000
Cámara	1 cámara	Bs. 500
Impresora	1 impresora	Bs. 200
Internet	Contrato mensual * 7 meses	Bs. 1400
Producto	6 meses * Bs. 1600	Bs. 9600
	Valoración del producto	Bs. 17700
	Precio del producto	Bs. 0

1.11 Metodología

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se ha realizado dos distintas metodologías para la recopilación de información las cuales son: la observación y la revisión de documentación.

1.11.1 Tipo de investigación

La presente investigación se caracteriza por aplicar un enfoque descriptivo-analítico propuesto por (Hurtado Barrera, 2008), para este fin, se aplica el proceso de recopilación de fuentes primarias sobre la tecnología de realidad aumentada, realidad virtual y el enfoque teórico para el desarrollo de la realidad virtual, realidad aumentada y virtualización de objetos 3D. Además se distingue que el tipo de investigación a realizar esta de acuerdo a lo leído, es decir, tiene comportamiento de ser descriptiva y analítica. Descriptiva porque se detalla el proceso de aprendizaje en cuanto a la información de los instrumentos, analítica porque en base a la descripción se analiza y se obtienen resultados para el presente trabajo de investigación. Para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada y realidad virtual se utiliza la metodología Mobile-D y diagramas UML.

Para la presente investigación primeramente se realiza un levantamiento de información relacionada a la teoría de la realidad aumentada, realidad virtual, reconocimiento de imágenes y el objeto de estudio que es el Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia, para ello se realizó una investigación documental, búsqueda en Internet, bibliotecas virtuales, revistas científicas virtuales y portales web.

1.11.2 Universo y muestra

Universo: Museo de instrumentos a nivel internacional.

Muestra: museo de instrumentos nacionales de Bolivia.

2.1 Museos

La variedad de museos que existen alrededor del mundo son un medio de información a la comunidad estudiantil y universitaria, además es un medio atractivo para atraer turistas.

A continuación, citaremos los museos que innovaron de gran manera utilizando las nuevas tecnologías, se citara museos tanto internacionales como nacionales.

2.1.1 Museos internacionales

- **Moma – Nueva York¹**

Museo de arte moderno “*Museum of Modern Art*”, la App MOMA está disponible para dispositivos iOS, y cuenta con características como; crear colecciones de imágenes y obras favoritas, calendarizar próximas exposiciones y proyección de películas y compartir un audio y obras de arte. Esta aplicación requiere de conexión a internet

En la Figura 2.1 muestra las presencias invisibles que han ido ganando terreno en el mundo de la museología y la interpretación del territorio. La AR² se utiliza como medio para suministrar información sobre objetos expuestos en museos y también fuera.

¹ Cammie, Vick. (2015). The MOMA iPhone App. Recuperado de www.moma.org/explore/mobile/iphoneapp y Berenice. (2013). Nuevas aplicaciones para hacer tours virtuales en museos del mundo. Recuperado de Blog.universalplaces.com/aplicaciones-para-museos/

² (“Augmented Realty”), Realidad Aumentada

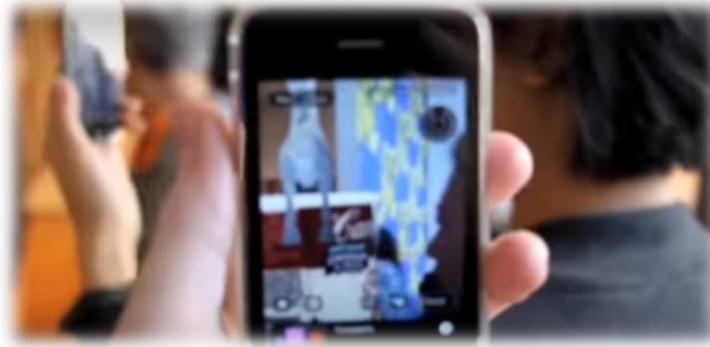


Figura 2.1: App del museo MOMA en Nueva York
Fuente (Vick Cammie, 2015)

Permite recorrer todas las colecciones y galerías del MOMA, así como planear una visita física al propio museo o utilizar su buscador para localizar cualquier obra de arte expuesta en sus salas así como se muestra en la Figura 2.2.



Figura 2.2: Muestra de las vistas de la App MOMA
Fuente (Berenice, 2013)

- **Canadian Museum of Civilization de Quebec³**

Museo Canadiense de la Historia. Esta aplicación permite disfrutar del recorrido físico por el museo explicando la historia de la humanidad mientras paseamos entre las obras. En la Figura 2.3 muestra la App que cuenta con audio tours de aproximadamente una hora que comenta la existencia y origen de los principales objetos expuestos.

³ Berenice. (2013). Nuevas aplicaciones para hacer tours virtuales en museos del mundo. Recuperado de Blog.universalplaces.com/aplicaciones-para-museos/ y MedinaMusea. (2011). Recuperado de https://mediamusea.com/2011/07/20/app_iphone_guggenheim/

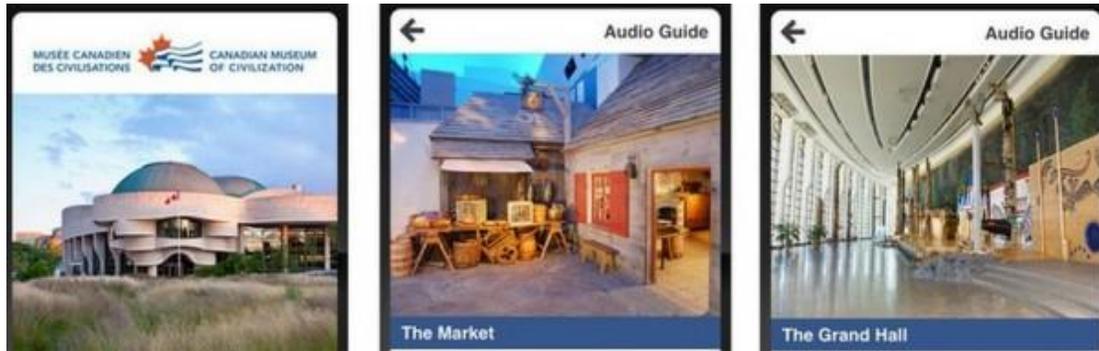


Figura 2.3: Muestras de vista de la App.
Fuente (Rebeca Polo, 2013)

- **Museo Guggenheim de Bilbao⁴**

La Figura 2.4 muestra que la App cuenta con archivos de audio y atreves de estos tener la información más actualizada sobre exhibiciones, colecciones permanentes y algunas obras en particular. Esta App nos permite vivir un tour virtual, pero a la vez muy real por la calidad de sus imágenes.



Figura 2.4: Muestras de vistas de la App.
Fuente (MediaMusea, 2011)

⁴ MediaMusea. (2011). App para iPhone del Museo Guggenheim Bilbao. Recuperado de <https://mediamusea.com/2011/07/> y Berenice. (2013). Nuevas aplicaciones para hacer tours virtuales en museos del mundo. Recuperado de Blog.universalplaces.com/aplicaciones-para-museos/

También tienes la opción de compartir lo que estás viendo a través de tus redes sociales como Facebook y Twitter. Realizada en tres idiomas como el español, francés e inglés. Tiene un precio de 2.99 euros. Se lo puede descargar en iTunes.

App para iPhone con más de 300 imágenes, videos, audio-guías, textos detallados sobre más de 100 obras e información sobre el museo. A través de esta aplicación se puede ver la arquitectura de Guggenheim de Bilbao y sus obras significativas de colección, es posible organizar la visita al centro a través de rutas programadas.

- **Museo del Louvre en Paris** ⁵

Nintendo ha creado una guía multimedia que permite ver las obras y salas en cualquier consola de la gama 3DS. Ampliada a la audiológica multimedia y como se aprecia en la Figura 2.5 se puede verlas desde distintas perspectivas, esta App tiene un costo de consola por 19.95 euros mediante descarga directa y la versión física esta solo en el museo.



Figura 2.5: Piezas más conocidas del Louvre
Fuente (Miyamoto, 2013)

⁵ Miyamoto. (2013). Nintendo 3ds guide: Louvre, la guía multimedia del museo parisimo. Recuperado de <https://conectadok.openbank.universai.es/noticias/nintendo-3ds-guide-louvre-la-guia-multimedia-del-museo-parisimo/>

- **Museo Americano de Historia Natural de Nueva York⁶**

Con la App para iOS se puede conocer los principales apartados del edificio y, los apasionados por la vida en la tierra antes de la aparición del hombre, podrán descargar Dinosaurs App para disfrutar del contenido relacionado con los dinosaurios.

En la Figura 2.6 se muestra las opciones que tiene la aplicación y algunas vistas que se puede observar.



Figura 2.6: Muestra de vistas de la App
Fuente (Rebeca Polo, 2013)

2.1.2 Museos nacionales

- **Microsoft HoloLens – Santa Cruz⁷**

⁶ Berenice. (2013). Nuevas aplicaciones para hacer tours virtuales en museos del mundo. Recuperado de Blog.universalplaces.com/aplicaciones-para-museos/ y Polo, Rebeca. (2013). Aplicaciones de museos para realizar tours virtuales. Recuperado de www.whatsnew.com/2013/08/09/6-apps-de-museos-para-realizar-tours-virtuales/

⁷ Rivero Mercado, Pedro. (2015). El deber. Tendencias. Presentan HoloLens, gafas que hacen realidad la ciencia ficción. Recuperado de <http://www.eldeber.com.bo/tendencias/presentan-hololens-gafas-realidad-ciencia.html> y Bolivaen tusManos.com (2015). Microsoft presenta las gafas de realidad virtual HoleLens y un Surface de 84 pulgadas. Recuperado de <http://www.boliviaentusmanos.com/noticias/tecnologia/141738/microsoft-presenta-las-gafas-de-realidad-virtual-hololens-y-un-surface-de-84-pulgadas.html>

Microsoft y la NASA se unen y han mostrado los revolucionarios anteojos. Según ejecutivos de la firma, es la computadora holográfica más avanzada del mundo.

Ambas compañías presentan el HoloLeans, gafas que hacen realidad la ciencia ficción. En la Figura 2.7 muestra que si se mira una habitación vacía con estas gafas se podría incluir una falsa moto y conforme se acerca uno toma la escala real.

Los anteojos son inalámbricos, así que, aunque están diseñados para usarlos en la casa u oficina, la persona puede moverse libremente. Las bocinas reproducen sonido 'espacial', así que un ruido podría parecer que viene de detrás o de un lado, añadiéndose a la experiencia de realidad virtual.

Los lentes son transparentes, tu vista a tu alrededor solo es selectivamente bloqueada por imágenes digitales que pueden mezclarse con objetos de verdad.



Figura 2.7: Transformación de una sala en un entorno virtual
Fuente (Pedro Rivero, 2015)

- **Municipios de la ciudad de La Paz con realidad aumentada⁸**

El emprendimiento de la Carrera de Informática de la UMSA⁹, se llama Diseño e Implantación de Realidad Aumentada y Realidad Virtual en los Municipios del departamento de La Paz.

⁸ García Elizabeth. Choque, Guillermo. (2015). El proyecto turístico que participa en la feria de Ciencia y Tecnología de La Paz. Recuperado de <http://acturism.blogspot.com/2015/12/el-proyecto-turistico-que-participa-en.html>

El Dr. Guillermo Choque Aspiazu, Investigador y Docente de la UMSA, explico: *“Gran parte de los atractivos turísticos están en serio deterioro, posiblemente las generaciones venideras ya no van a tener el placer de disfrutar la vista maravillosa que representa este legado cultural histórico que nos han dejado nuestros antepasados, entonces es menester e importante utilizar tecnología para preservar estos recursos turísticos”*, Lo que esperan los autores con el proyecto, es crear un patrimonio digital para que se pueda manejar en el turismo aplicado a esta generación en la cual se utiliza de gran manera las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

El trabajo fue realizado en dos años aproximadamente, desde la captura de los datos, que consistió en la toma de fotografías, GPS, ubicación geografía, georeferenciadas, tomar videos entre otros.

“Nos hemos dedicado a la construcción de modelos en tres dimensiones utilizando un software informático especializado para lo que se llama Blender, para la realidad aumentada utilizamos un motor de juegos que se llama Unity, con la ayuda de un lenguaje de programación se ha construido el Software que recrea en base a patrones ubicados en una mesa entornos de realidad aumentada” (Choque Guillermo, 2015).

- **Dinosaurios 3D – La Paz**¹⁰

La figura 2.8 explica la intención de aplicar este sistema en la educación, la empresa Hung Wei, a través de la marca Cre-Ar, desarrolló un software que permite ver, escuchar y tener contacto con 11 dinosaurios en su hábitat natural.

"Creemos que la parte de ver y escuchar ya está pasando, tiene que haber interacción en tiempo real con las imágenes para que los niños puedan aprender de forma

⁹ UMSA, Universidad Mayor de San Andrés.

¹⁰ Sanabria, Tatiana. (2014). Página Siete. Gente. Dinosaurios 3d, la realidad aumentada llega al campo educativo. Recuperado de <http://www.paginasiete.bo/gente/2014/8/7/dinosaurios-realidad-aumentada-llega-campo-educativo-28685.html>

didáctica y entretenida. Esto nos hace parte del avance tecnológico”, explica Ricardo Bernal, jefe del Departamento de Marketing y Comercialización de Cre-Ar.



Figura 2.8: Desarrollador muestra los avances con los insectos.
Fuente (Freddy Barragán, 2014)

2.2 Definición del museo de instrumentos musicales de Bolivia

2.2.1 Historia

En 1962 creo el “Museo del Charango”. Para 1984 con una ampliación del recinto y cantidad variada de instrumentos musicales bolivianos y extranjeros, refunda oficialmente la muestra con el nombre de 'Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia', con más de 2000 piezas distribuidas en salas dedicadas a los instrumentos prehispánicos, cordófonos, membranófonos, aerófonos, idiófonos, instrumentos del mundo y de nueva creación, muchos de ellos creados por el artista polivalente. En 1997 el Museo se consolida institucionalmente con la categoría "Museos de la ciudad de La Paz", en una casona colonial conocida como la 'Casa de la Cruz Verde', completando el circuito de museos ubicados en la calle Apolinar Jaén (Cavour, 2011).

2.2.2 Funcionamiento

Este museo empezó a funcionar en la casa particular del músico boliviano en 1962, ubicado en la calle Ricardo Bustamante No. 690, lugar donde ocupaba dos salas de exposición. En 1980 se traslada a la calle Linares.

Cuatro años más tarde el Oficial Mayor de Cultura de la Honorable Alcaldía Municipal de La Paz, Guido Orias, conjuntamente el musicólogo José Llanos Murillo deciden “oficializar” la apertura de este recinto, es así que el 21 de julio del mismo año es fundado dentro de los actos correspondientes a la Efemérides Paceña, consolidando de tal manera su vocación de fiel servidor a nuestra cultura.

Con el objeto de contar con un mayor espacio físico funcional, el año 1990 se decide adquirir un nuevo espacio para trasladar el museo (Cavour, 1994).

2.2.3 Objetos exhibidos

El museo que funciona en una antigua casona colonial cuenta hoy en día con una muestra de más de 2500 instrumentos musicales, mismos que se encuentran repartidos en las seis salas de exposición.

Dentro de la riqueza de este museo se encuentran piezas prehispánicas, testimonio de la rica actividad musical y cultural de los pueblos que poblaron Bolivia. Posee además una colección vasta de cordófonos, aerófonos, membranófonos, ideófonos, hidrófonos y mixtófonos; los últimos dos órdenes corresponden a la inventiva de músicos bolivianos y Latinoamericanos, y en especial una muestra de instrumentos innovados y rescatados por el maestro Cavour.

Usualmente, los instrumentos son clasificados de acuerdo a cómo se produce el sonido.

Maikra

Clasificación de Sachs-Hornbostel se clasifican en:

- Cordófonos. El elemento vibrante son las cuerdas del instrumento
- Aerófonos. El elemento vibrante es una columna de aire.
- Membranófonos. El elemento vibrante es una membrana.
- Idiófonos. El mismo instrumento es lo que vibra.
- Electrónos. El sonido es creado o modificado mediante circuitos eléctricos.

El sistema que clasifica a los instrumentos como de viento, cuerdas y percusión, usado hoy en Occidente, data de la antigua Grecia.

La asignación mutua entre ambas clasificaciones es la siguiente:

- Los instrumentos de cuerda de la orquesta sinfónica son todos cordófonos.
- Los instrumentos de viento son todos aerófonos.
- Los instrumentos de percusión se reparten entre los grupos membranófonos e idiófonos.
- Los instrumentos de teclado pueden ser cordófonos, aerófonos, idiófonos o electrófonos.
- El único electrófono admitido como parte de la orquesta sinfónica son las Ondas

En el mismo contexto, la subdivisión usual de los instrumentos de viento se establece entre los siguientes grupos: el de los Instrumentos de madera, que independientemente del material de que están contruidos incluye a los aerófonos de bisel (flautas), de lengüeta simple (clarinetes), de lengüeta doble (oboes) y de lengüeta libre (acordeón), y el grupo de los Instrumentos de metal, que comprende a los aerófonos de embocadura.

Los instrumentos de cuerda se llaman cordófonos y se dividen como se muestra en la figura 2.9. en: cuerda frotada, percutida o pulsada.



Figura 2.9: División de los cordófonos
Fuente (López, 2010)

Los instrumentos de viento se llaman aerófonos y se dividen como se muestra en la figura 2.10. en viento madera y metal. Hay un grupo que se considera híbrido como puede ser el saxofón. La flauta de metal se considera de viento madera. Los órganos y el acordeón son de viento metal. La armónica es de viento.



Figura 2.10: División de los aerófonos
Fuente (López, 2010)

Los instrumentos de percusión se llaman idiófonos como se muestra en la figura 2.11. y los hay afinados, no afinados y de pequeña percusión. Las campanas son percusión.



Figura 2.11: División de los idiófonos
Fuente (López, 2010)

Hay otro gran grupo que se ha dado en el siglo XX que son los que se necesitan enchufar como se muestra en la figura 2.12, los instrumentos eléctricos o electrófonos.



Figura 2.12: División de los electrófonos
Fuente (López, 2010)

El Museo de Instrumentos Nacionales de Bolivia cuenta también con una sala de instrumentos análogos del mundo, una biblioteca especializada, una pinacoteca, un taller de construcción de instrumentos y aulas para impartir clases de música. Actualmente estos cursos son personalizados e impartidos por importantes maestros de la música boliviana.

Así mismo, este recinto cuenta con una importante bibliografía de apoyo escrita por Ernesto Cavour, como: “Charango. Su Vida, Costumbres y desventuras”; “Instrumentos Musicales de Bolivia”; “Diccionario Enciclopédico de instrumentos musicales”; y apuntes sobre el Folklore de Bolivia.

Actualmente el museo para llamar la atención del sector turístico para que visiten sus instalaciones y sean concurrentes las visitas y también los que hayan visitado puedan atraer aún más visitantes mediante una comunicación simultánea, brinda en cada uno de sus salones melodías de cada instrumento que se tiene en cada salón (Cavour, 1994).

Las nuevas tecnologías han resultado ser muy útiles y competitivas, el sector turístico ha sido un motivo por lo que la realidad aumentada tuvo que surgir para la visualización de objetos incluso lugares turísticos, posibilitando su promoción y atractivo.

2.3 Realidad aumentada

Realidad Aumentada es un término acuñado por Tom Caudell en el año 1990 y describe “*La aumentación de la realidad física mediante el uso de técnicas que la mezclan con contenido virtual*” (Bonnin, 2008) La realidad aumentada es un entorno que incluye elementos de los dos mundos virtual y real, es intercambio en tiempo real y se muestra en tres dimensiones; podemos decir que se construyen nuevos mundos mixtos coherentes con ambos sistemas.

La realidad aumentada no es una tecnología nueva, después de 20 años de investigación, la cual está tomando forma como una de las mayores innovaciones no solo de Internet, sino en la cantidad de aplicaciones que pueden ser creadas para diferentes fines. El auge actual es debido principalmente a dos razones: la primera es el gran desarrollo de los interfaces gráficos y la segunda es la disponibilidad de dispositivos portátiles¹¹, según lo describe en su sitio web (Bonnin, 2008).

2.3.1 Proceso de la realidad aumentada

En todo sistema de Realidad Aumentada son necesarias, al menos, cuatro tareas fundamentales para llevar a cabo el proceso de aumento (Figura 2.13). Estas tareas se explicaran con mayor profundidad en secciones posteriores, pero básicamente son:

1. Captura de escenario
2. Identificación de la escena
3. Mezclado de realidad y aumento
4. Visualización de la escena

¹¹ PC`s, PDA`s, Smatphone, terminales móviles

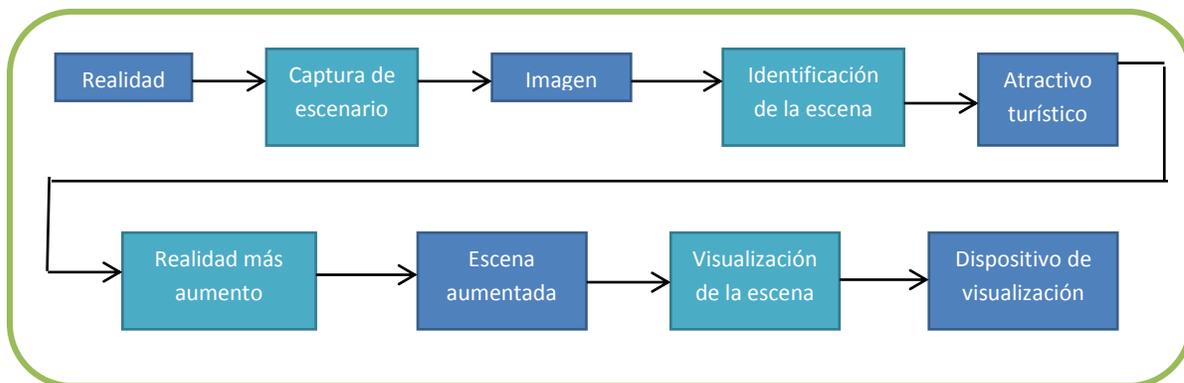


Figura 2.13: Esquema funcional del sistema de RA

Fuente (López, 2010)

A continuación describiremos estas tareas necesarias presentes en todo sistema de Realidad Aumentada. Después se describen técnicas fundamentales para llevar a cabo estas tareas y las principales plataformas móviles que las soportan.

2.3.1.1 Captura de escenario

Una de las tareas más importantes en cualquier sistema de Realidad Aumentada es la de identificar el escenario que se desea aumentar. En el caso de los sistemas que utilicen reconocimiento visual, es indispensable contar con algún mecanismo que permite recoger la escena para que pueda ser posteriormente procesada. En esta sección se analizan los diferentes tipos de dispositivos físicos que permiten captar el escenario. Los dispositivos de captura de imágenes son dispositivos físicos que recogen la realidad que deberá ser ampliada. A grandes rasgos estos dispositivos se pueden agrupar en dos conjuntos:

- **Dispositivos *video-through*:** dentro de este grupo se encuentran aquellos dispositivos que realizan la captura de imágenes o video que se encuentran aislados de los dispositivos de visualización. En este conjunto se encontrarían las cámaras de video o las terminales móviles siempre y cuando tenga una cámara.
- **Dispositivos *see-through*:** son los dispositivos que realizan tanto la tarea de capturar la escena real como de mostrarla con información aumentada al usuario. Estos dispositivos acostumbran a trabajar en tiempo real, haciéndolos no solo

más costosos en presupuesto sino en complejidad. Dentro de este grupo se encontrarían aquellos dispositivos conocidos como *head-mounted*. Cabe remarcar que estos dispositivos see-trough llevan años siendo usados, por ejemplo, en los *Head Up displays*¹².

Para la presente tesis de investigación la captura de escenas se realiza en los interiores de cada salón del Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia.

2.3.1.2 Identificación de la escena

El proceso de identificación de escenas consiste en averiguar qué escenario físico real es el que el usuario quiere que se aumente con información digital. Este proceso puede llevarse a cabo, básicamente, de dos maneras: utilizando marcadores o sin utilizarlos.

- **Reconocimiento sin marcadores:** de la misma forma, es posible identificar la escena mediante reconocimiento de imágenes o mediante la estimación de la posición. También es posible encontrar sistemas que realicen una combinación de ambas en función de la situación. A este tipo de identificación se le denominara híbrida. Dentro de cada uno de estos dos conjuntos de técnicas se pueden encontrar diversas variaciones que dependerán en gran medida de las prestaciones que deba ofrecer el sistema así como de sus posibilidades técnicas.

Puesto que las técnicas habituales en este proceso se encuentran centradas en el reconocimiento visual d la escena, se describirá en mayor profundidad ese tipo de técnicas.

No obstante, esto no significa que no se puedan utilizar cualquier otro tipo de técnica más apropiada para cada situación, como podrían ser el análisis en la intensidad de señales de radio frecuencia o de señales infrarrojas.

¹² (HUDs) *utilizados por los aviones de combate para mostrar información al piloto sobre altura, velocidad, identificación de blancos, y otros sin necesidad de apartar la vista de la zona frontal de la cúpula de su cabina*

La presente tesis de investigación muestra resultados enmarcado a realidad aumentada bajo marcadores. Estos marcadores son considerados patrones que la cámara de realidad aumentada reconoce y muestra un elemento virtualizado.

- **Reconocimiento por marcadores:** en los sistemas de realidad aumentada, un marcador es un objeto cuya imagen es conocida por el sistema. Las maneras en que el sistema conoce el marcador se pueden agrupar en tres conjuntos, mediante su geometría, su color o ambas características.

Habitualmente para el reconocimiento de marcadores se utiliza un primer escaneo sobre la imagen para localizar el marcador que se busca. Una vez localizado el mecanismo de actuación suele ser el descrito a continuación.

En primer lugar se establece un rango de variación en el movimiento del marcador para el posterior fotograma. En el procesamiento dicho fotograma, el rango de búsqueda ya se encuentra acotado a un espacio muy inferior al inicial, por lo que el tiempo de procesamiento decae considerablemente. Además por norma general, se utiliza menos técnica de reconocimiento, empleando al menor número de cálculos para localizar el marcador. Una vez detectado, se procede a las tareas necesarias de mezclado y aumento en los sistemas de realidad aumentada.

El proceso recientemente descrito solo modificara su comportamiento si en algún fotograma en la región de búsqueda no se encontrase el marcador. En esta circunstancia existen diversas posibilidades de actuación:

- Realizar un nuevo escaneo sobre toda la imagen en busca del marcador. Este proceso puede ser efectivo si el marcador ha sido desplazado a una posición alejada de la anterior secuencia o si no se encuentra.
- Busca de forma recursiva en las regiones vecinas al marcador. Esta solución podría ser óptima si el marcador desplazado se encuentra cerca de la región de búsqueda inicial.

- Utilizar predicción de movimiento. Esta tarea se puede llevar a cabo mediante la variación del movimiento, analizando las imágenes o bien mediante el uso de acelerómetros.

En esta Tesis se utilizara el reconocimiento de marcadores con las herramientas adecuadas para el desarrollo del prototipo.

2.3.1.3 Mezclado de realidad y aumento

Una vez descrito el proceso de identificación de escenarios, tiene lugar en los sistemas de realidad aumentada es de sobreponer la información digital que se quiere ampliar sobre la escena real capturada. Cabe resaltar, que esta información digital de aumento puede ser tanto de carácter visual como auditivo o táctil, lo que por lo general, en la mayoría de sistemas de realidad aumentada solo se ofrecen los de tipo visual.

- El primer concepto que hay que diferenciar en este proceso es el tipo de información que se quiere aumentar. En este apartado se puede distinguir entre dos tipos básicos de información: la información bidimensional constituye un plano geométrico digital en el que cada punto del plano se representa por medio de un pixel que es un vector de colores en escala RGB¹³. Cada uno de los tres valores que conforman el vector oscila en el rango 0-255, siendo la mezcla de los tres valores 0 la representación del color negro y 255 la del color blanco. Dentro de este tipo de información, no solo se encuentran las imágenes, sino que también serán clasificados los contenidos textuales, debido a sus características similares de representación.
- Otro tipo de información es la tridimensional. Este tipo de información consiste en un conjunto de vectores multidimensionales para cada punto del plano (x, y, z) de

¹³ Rojo, Verde y Azul

igual manera cada vector uno de estos puntos está formada por un vector RGB o cualquier otro tipo de representación del color.

2.3.1.4 Virtualización de la escena

Dentro de los sistemas de Realidad Aumentada, el último proceso que se lleva a cabo, y quizás uno de los más importantes, es el de visualización de la escena real con la información de aumento. Sin este proceso, la Realidad Aumentada no tendrá razón de ser. En esta sección se describirán los mecanismos de visualización habituales.

Este tipo de sistemas de visualización se caracterizan por estar presentes en la gran mayoría de dispositivos, tanto móviles como fijos y que cualquier usuario puede obtener de forma barata y sencilla. Dentro de este grupo se pueden diferenciar entre dos tipos básicos de sistemas: sistemas móviles y sistemas fijos.

- Los sistemas móviles se refieren a los integrados en los sistemas móviles como teléfonos PDAs. Estos sistemas se caracterizan es su baja definición y calidad de las imágenes de salida.
- Los sistemas fijos se pueden considerar como ordenadores personales. Estos sistemas suelen disponer de hardware adecuado para realizar tareas de visualización más complejas, generando imágenes con mayor calidad.

2.3.2 Herramientas para la realidad aumentada

Las siguientes herramientas a mencionar son alternativas para realizar los procesos necesarios con realidad aumentada:

- **ARToolkit**; Segun Abawi D. F., Bienwald, J., & Dorner, R. (2004), es una biblioteca que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada, en las que se sobrepone imágenes virtuales al mundo real. Para ello, utiliza las capacidades de seguimiento de vídeo, con el fin de calcular, en tiempo real, la

posición de la cámara y la orientación relativa a la posición de los marcadores físicos. Una vez que la posición de la cámara real se sabe, la cámara virtual se pueden colocar en el mismo punto y modelos 3D son sobrepuestos exactamente sobre el marcador real. Así ARToolKit resuelve dos de los principales problemas en la realidad aumentada, el seguimiento de punto de vista y la interacción objeto virtual"

"ARToolKit fue desarrollado originalmente por Hirokazu Kato en 1992 y fue publicado por el HIT Lab de la Universidad de Washington. Actualmente se mantiene como un proyecto de código abierto alojado en SourceForge con licencias comerciales disponibles en ARToolWorks. ARToolKit es un AR muy utilizado seguimiento de la biblioteca con más de 160.000 descargas desde el año 2004."

- **Dispositivo móvil:** el mercado de teléfonos inteligentes a nivel mundial creció un 13% año tras año, con 341. 5 millones de envíos, de acuerdo con datos de la International Data Corporation (IDC). Android domina el mercado con una participación de 82,8% en 2015, Samsung reafirmó su liderazgo mundial con un enfoque renovado en los teléfonos inteligentes de bajo costo. En segundo lugar en envíos de teléfonos inteligentes se encuentra IOS con un 13. 9%, con 47,5 millones de envíos. Seguidamente se encuentra Windows Phone con 2.6% y en cuarto lugar se encuentra Blackberry con sólo 0. 3%, lo que lleva a descartarlo para la elección. Otro aspecto a evaluar es la estabilidad del sistema operativo Android, este sistema operativo fue lanzado en el año 2005 y actualmente va en la versión 6. 0- Marshmallow. Por estas razones es que se elige el sistema operativo Android para el desarrollo de la aplicación.
- **Blender:** es un programa que integra una serie de herramientas para la creación de un amplio rango de contenidos 3D, con los beneficios añadidos de ser multiplataforma (ver sección 2.5. 1 del capítulo 2). En la presente investigación se emplea la versión 2.75 para el diseño y modelado de los objetos a ser visualizados.

- **Unity 3D:** es un motor gráfico 3D para PC y Mac que viene empaquetado como una herramienta para crear juegos, aplicaciones interactivas, visualizaciones y animaciones en 3D y tiempo real (ver sección 2.6 del capítulo 2). En la presente investigación se emplea la versión 5. 1. 2f1 para el desarrollo de la aplicación.
- **Qualcomm Vuforia:** en los últimos años Qualcomm decidió crear su propio sistema de realidad aumentada con el que proporcionar las herramientas necesarias a los desarrolladores para que puedan construir de forma libre todas las aplicaciones programas que deseen, de hecho tuvo un crecimiento exponencial y fue incorporada a más de 1000 aplicaciones durante el último año (ver sección 2.4. 5 del capítulo 2). En la presente investigación se emplea el SDK Vuforia para crear una aplicación con RA.
- **Metaio Engineer:** es otra herramienta de realidad aumenta con la adición de módulos de calibración complementarios a esta herramienta, suministra cada función para el ajuste de los análisis de realidad aumentada. Sus propiedades más sofisticadas son: Cámara integrada de calibración de alta precisión, basada en un panel Aicon 3D. Calibración eficiente de alta precisión con base en un patrón Aicon 3D, es posible determinar el desplazamiento con asistencia externa sin necesidad de una herramienta externa de medición.
- **Aumentaty Author:** utiliza tecnología de marcas fiduciales para reconocer el espacio tridimensional mostrado por la cámara de un dispositivo y posicionar el contenido. Las escenas generadas están pensadas para compartir con otros usuarios. Al publicar las escenas se genera un fichero no editable que se puede visualizar con un visor gratuito Aumentaty Viewer para PC, o la App Aumentaty Viewer para móviles versión beta.
- **Sensor Structure,** según describe su fabricante Occipital, es el primer sensor 3D para dispositivos móviles. Se acopla al dispositivo móvil (de momento dispositivos IOS) permitiendo capturar mapas 3D de espacios interiores y exteriores y

almacenar cada medición en el móvil. Es posible capturar instantáneamente modelos 3D de objetos y personas que puedan ser importados a programas de diseño asistido por computador (CAD) para su impresión 3D. También es posible utilizarlo en aplicaciones de realidad aumentada en las que el mundo real es el mundo que te muestra la aplicación. Está optimizado en un rango de entre 40 cm a más de 3,5 metros. Occipital proporciona una librería conocida como Structure SDK que permite desarrollar aplicaciones para dispositivos IOS. Hasta el momento es la única vía para desarrollar aplicaciones, pero hay que tener en cuenta que el creador de la librería de código abierto OpenCV está implicado en el proyecto por ser consejero de la empresa Occipital.

El *Structure Sensor*® es el primer sensor 3D para dispositivos móviles; es capaz de desbloquear nuevas capacidades en tres dimensiones para los propietarios de iPad como:

- **Escaneos 3D a color** de objetos y personas.
 - **Mapeos dimensionales de interiores** para crear modelos 3D precisos de edificios de adentro hacia afuera.
 - **Aplicaciones de Realidad Aumentada** donde objetos y personajes virtuales interactúan perfectamente con el mundo real.
- Otras herramientas software: para la creación de “UniverseApp” además de las herramientas mencionadas anteriormente se utilizó también las siguientes herramientas.
 - Adobe Photoshop CS6 (64bit): herramienta para la creación y edición de imágenes.
 - AVS Audio Editor v8.0.2.501: herramienta para la creación y edición de pistas de audio.
 - Android SDK: para exportar el contenido creado a la plataforma Android.
 - DroidCam.Client.6.0: herramienta para Android y PC que te permitirá usar tu móvil como webcam del PC. Compleja de configurar, la aplicación muestra perfectamente en la PC la imagen tomada por la cámara del móvil.

2.4 Unity 3D

Unity3D es un ecosistema de desarrollo de videojuegos multiplataforma, con una comunidad muy activa que debe su expansión en parte a la existencia de una versión con licencia gratuita. Esto ha permitido a desarrolladores y programadores poder acceder a una completa herramienta de renderizado y creación sin las siempre presentes barreras de tiempo y coste.

Esta herramienta permite generar contenidos para Windows, OS X, Linux, Adobe Flash Player, Xbox 360, PlayStation 3, PlayStation Vita, Wii, Wii U, iPad, iPhone, Android y Windows Phone.

El scripting se basa en Mono, la implementación de código abierto de .NET Framework. Se pueden utilizar como lenguajes de programación UnityScript –un lenguaje personalizado inspirado en la sintaxis ECMAScript–, C# o Boo –el cual está inspirado sintácticamente en Python–. A partir de la versión 3.0 añade una versión personalizada de MonoDevelop para la depuración de scripts.

Unity3D es un motor gráfico 3D para PC y Mac que viene empaquetado como una herramienta para crear juegos, aplicaciones interactivas, visualizaciones y animaciones en 3D y tiempo real. Unity puede publicar contenido para múltiples plataformas como PC, Mac, Nintendo, Wii e iPhone. El motor también puede publicar juegos basados en web usando el plugin Unity web player.

El editor de *Unity* es el centro de la línea de producción, ofreciendo un completo editor visual para crear juegos. El contenido del juego es construido desde el editor y el *gameplay* se programa usando un lenguaje de scripts. Esto significa que los desarrolladores no necesitan ser unos expertos en C++ para crear juegos con *Unity*, ya que las mecánicas de juego son compiladas usando una versión de UnityScript, C# o Boo, un dialecto de Python.

En Unity una escena puede ser cualquier parte del juego, desde el menú de inicio como un nivel o área de tu juego, la elección es tuya ya que una escena es un lienzo en blanco sobre el que dibujar cada parte del juego usando las herramientas de Unity.

El motor también incluye un editor de terrenos, desde donde puedes crear un terreno, sobre la que los artistas podrán esculpir la geometría del terreno usando herramientas visuales, pintar o texturizar, cubrir de hierba o colocar árboles y otros elementos de terreno importados desde aplicaciones 3D como 3DS, Max o Maya. (Collado, 2012)

2.5 Dispositivos Móviles

Las personas se encuentran rodeadas de tecnología que evoluciona día tras día y el sector de los dispositivos móviles no es la excepción. Al momento en este campo se está dando el mayor cambio de su historia en cuanto a hardware y software se refiere, ya que ahora es posible tener dispositivos con capacidades de realizar tareas o actividades mucho más complejas que antes solo era posible ejecutar en computadoras de escritorio o portátiles.

Esta revolución de los dispositivos móviles hace que cada día, estos cuenten con mejores procesadores que aumenten el rendimiento y sistemas operativos que ofrezcan mayor funcionalidad.

Hasta el momento se han desarrollado varios sistemas operativos entre ellos se destacan Microsoft Windows Mobile, Blackberry OS, Symbian OS, los que son software propietario, pero también existe una plataforma libre basado en GNU/Linux y con licencia GPL (General Public License) llamada Android.

2.6 Sistema Operativo Android



Android es un sistema operativo basado en GNU/Linux diseñado originalmente para dispositivos móviles, el cual fue desarrollado inicialmente por Android Inc., una empresa que fue comprada por Google en el 2005. Como Android se encuentra basado en software libre, cuenta con una gran cantidad de desarrolladores que se encuentran creando nuevas aplicaciones, para añadir más funcionalidades a los dispositivos.

2.6.1 Ciclos de vida de Android

Cuando se empieza a programar en un lenguaje como C++ o Java, lo primero que se enseña es el método main, el punto al que llamará el sistema operativo cuando vayamos a arrancar nuestra aplicación. En Android no existe un método main como tal, pero sí existen varios métodos de nuestra actividad que serán llamados por el SSOO cuando ocurran eventos importantes. El ciclo de vida de Android sigue este esquema en la figura 2.14:

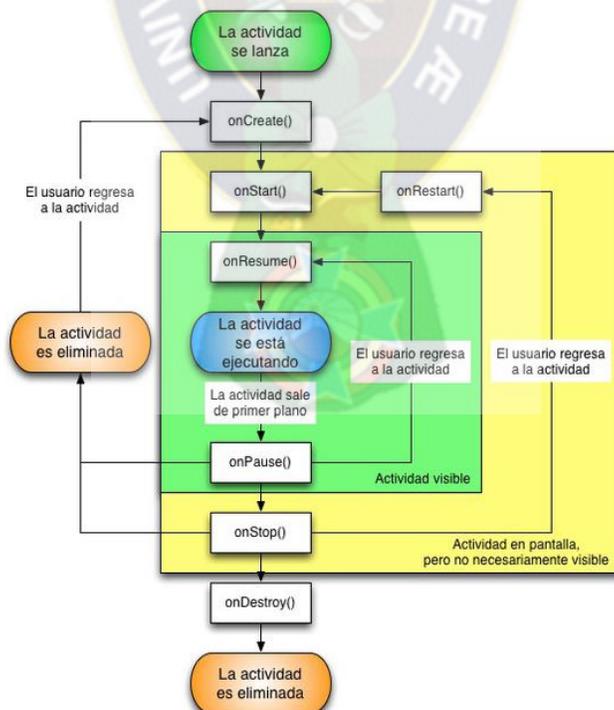


Figura 2.14: Ciclo de vida de Android

Fuente (González, 2013)

Cuando necesitemos implementar uno de estos métodos, lo haremos añadiendo a nuestra actividad con estos perfiles:

```
public class MiActividad extends Activity {
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        ...
    }
    protected void onStart() {
        super.onStart();
        ...
    }
    protected void onRestart() {
        super.onRestart();
        ...
    }
    protected void onResume() {
        super.onResume();
        ...
    }
    protected void onPause() {
        ...
        super.onPause();
    }
    protected void onStop() {
        ...
        onStop();
    }
    protected void onDestroy() {
        ...
        super.onDestroy();
    }
}
```

Es importante mantener la llamada al método de la superclase para no encontrarnos con sorpresas. Las tareas de cada evento que están por encima de nuestra actividad deben mantenerse. Esta llamada irá al principio de los eventos de entrada, y al final de los de salida. De esa forma nos evitaremos sorpresas, ya que los elementos de la actividad que necesitemos pero que no estarán bajo nuestro control estarán creados antes de usarlos, y se destruirán después.

No tenemos que añadir todos los eventos, los que no necesitemos usarán la implementación por defecto. Los métodos que a menudo utilizaremos (y no se recomienda tocar los demás) son `onCreate`, `onPause`, y `onRestart`.

El significado de `onCreate` es claro: es el lugar donde cargaremos los recursos que necesitemos, las vistas, y cualquier otra cosa que necesitemos. Para la salida, el único método en el que nos centraremos es `onPause`. La razón de evitar `onStop` y `onDestroy` es que no tenemos ningún control sobre ellas. `onPause` se ejecutará siempre que la aplicación salga de primer plano, mientras que los otros dos los ejecutará el sistema operativo en función de sus necesidades. ¡Puede que nunca lleguen a ejecutarse! Esto se hace para evitar el coste que tiene crear la actividad una y otra vez si pasamos de la actividad al escritorio y viceversa, y el sistema operativo sólo liberará los recursos utilizados si los necesita, y no tiene para atender todos los procesos abiertos.

Eso implica que asumiremos que la aplicación morirá después de ejecutar `onPause`, y que es nuestra última oportunidad de salvar los datos que necesitemos salvar, y de parar servicios que estemos utilizando, como la geolocalización. Si hemos parado servicios, el sitio adecuado para reiniciarlos es `onRestart`.

Los demás métodos no necesitaremos usarlos mucho. Un caso habitual en el que sí nos hará falta será cuando integremos librerías de terceros, como Facebook o Flurry. En estos casos, se nos pedirá que unamos los métodos de nuestra actividad a su código. Por ejemplo, para registrar una sesión de Flurry se nos pedirá que la sesión comience en el método `onStart`.

Es posible monitorizar:

- El ciclo completo de vida de la actividad desde la primera llamada a `onCreate()` hasta la llamada final a `onDestroy()`.
- El ciclo durante el que la actividad es visible, aunque sea parcialmente, desde `onStart()` hasta `onStop()`.

El ciclo durante el que la actividad está en primer plano y tiene el foco de atención, desde `onResume()` hasta `onPause()`.

2.6.2 Versiones y características de Android

El sistema operativo Android, al igual que los propios teléfonos móviles, ha evolucionado rápidamente, acumulando una gran cantidad de versiones, desde la 1.0 hasta la 8.0 que salió al mercado en agosto del 2017.

- **Cupcake:** Android Versión 1.5 Características: Widgets¹⁴, teclado QWERTY¹⁵ virtual, copy & paste¹⁶, captura de vídeos y poder subirlos a YouTube¹⁷ directamente.
- **Donut:** Android Versión 1.6 Características: Añade a la anterior la mejoría de la interfaz de la cámara, búsqueda por voz, y navegación en Google Maps¹⁸.
- **Eclair:** Android Versión 2.0/2.1 Características: Mejoras en Google Maps, salvapantallas animado, incluye zoom digital para la cámara, y un nuevo navegador de internet.
- **Froyo:** Android Versión 2.2 Características: Incluye hostpot Wifi, mejora de la memoria, más veloz, Microsoft Exchange¹⁹ y video-llamada.
- **Ginger Bread:** Android Versión 2.3 Características: Mejoras del consumo de batería, el soporte de vídeo online y el teclado virtual, e incluye soporte para pagos mediante NFC²⁰.
- **Honey Comb:** Android Versión 3.0/3.4: Características: Mejoras para tabletas, soporte Flash²¹ y Divx²², integra *Dolphin*, multitarea pudiendo cambiar de aplicación dejando las demás en espera en una columna, widgets y homepage personalizable, es la primera versión del sistema operativo diseñado para tabletas.

¹⁴ Un widget es un pequeñísimo programita muy útil que te da acceso a funciones que usas frecuentemente.

¹⁵ El teclado QWERTY es una distribución de teclado, la más común actualmente.

¹⁶ Copiar y pegar significa seleccionar un documento y luego ponerlo en otro archivo igual que como estaba antes.

¹⁷ YouTube es un sitio web en el cual los usuarios pueden subir y compartir vídeos.

¹⁸ Google Maps es un servidor de aplicaciones de mapas en la web que pertenece a Google Inc.

¹⁹ Microsoft Exchange es un sistema de correo con características de colaboración empresarial.

²⁰ NFC es un sistema de comunicación de corto alcance.

²¹ Adobe Flash Player es una plataforma multimedia utilizada para añadir animación, vídeo e interactividad a las páginas Web.

²² DivX es un códec de vídeo, un formato de vídeo comprimido, basado en los estándares MPEG-4

- **Ice Cream Sandwich:** Android Versión 4.0: Características: Multiplataforma (tablets, teléfonos móviles y netbooks), barras de estado, pantalla principal con soporte para 3D, widgets redimensionables, soporte usb para teclados, reconocimiento facial y controles para PS3.
- **Lollipop:** Android Versión 5.0: Características: Nueva interfaz Material Design²³, Mejor integración en los dispositivos, Mejora del rendimiento energético, modo invitado, Conectividad más rápida, notificaciones interactivas.
- **Marshmallow:** Android Versión 6.0: Características: Now on Tap²⁴, Autenticación por huellas dactilares, Mayor ahorro de batería, Unidad USB y microSD para ampliar memoria, Pantalla de bloqueo, modo no molestar, Mejor gestión de la Ram, Selección de texto con traductor, Modo de pantalla 4K²⁵, Compartir de forma directa.
- **Nougat:** Android Versión 7.0: Características: nueva API gráfica Vulkan²⁶, pantalla dividida, notificaciones mucho más útiles, mejoras en la accesibilidad, centro de notificaciones rediseñado y multitarea.
- **Oreo:** Durante un encuentro en un parque del barrio de Chelsea en Nueva York, Google ha destacado las bondades de este lanzamiento con dos ejes principales, la seguridad y la sencillez de uso.

Con Google Play Protect, los usuarios tendrán mejor control de lo que se instala en su móvil, podrán contrastar la fuente del código de los programas descargados y decidir si merecen o no su confianza. Una forma de intentar frenar el creciente malware y la privacidad.

Se rumoreó que la Actualización puede ser instalada desde Play Store.

²³ Material design es una normativa de diseño enfocado en la visualización del sistema operativo Android

²⁴ Google Now on Tap es una nueva función que por permite obtener información con rapidez y sin necesidad de salir de la aplicación que estamos usando.

²⁵ 4K es un tipo de resolución de pantalla que tiene cerca de 4000 píxeles de resolución horizontal

²⁶ Vulkan es una API que permite a los desarrolladores acceder a los recursos de la tarjeta gráfica de manera más rápida y eficiente.

2.7 Blender

Blender es un programa que integra una serie de herramientas para la creación de un amplio rango de contenidos 3D, con los beneficios añadidos de ser multiplataforma y tener un tamaño de unos 5MB. Destinado a artistas y profesionales de multimedia, Blender puede ser usado para visualizaciones 3D, tanto imágenes estáticas como videos de alta calidad, mientras que la de un motor de 3D en tiempo real permite la creación de contenido interactivo que puede ser reproducido independiente. (Rodsendaal, 2007)

Como principales características, se mencionan: (Rodsendaal, 2007)

- Paquete de creación totalmente integrado, ofreciendo un amplio rango de herramientas esenciales para la creación de contenido 3D, incluyendo modelado, mapeado uv, texturizado, rigging, weighting, animación, simulación de partículas y otros, scripting, renderizado, composición, post-produccion y creación de juegos.
- Multiplataforma, con una interfaz unificada para todas las plataformas basadas en OpenGL, listo para ser usado en todas las versiones Windows, Linux, OSX, FreeBSD, Irix y Sun, y otros sistemas operativos.
- Arquitectura 3D de alta calidad permitiendo un rápido y eficiente desarrollo.
- Canales de soporte gratuito vía <http://www.blender3d.org>.
- Alta comunidad de usuarios.
- Tamaño pequeño de ejecutable para una fácil distribución.

En el presente trabajo de investigación se emplea la versión 2.67 para el diseño y modelado de los objetos a ser virtualizados.

2.8 Mobile-D

Mobile-D es una creación un tanto antigua, ya que se desarrolló como parte de un proyecto finlandés, por 2004. La metodología se creó en un periodo de intenso crecimiento en el terreno de las aplicaciones móviles. Por tanto, en ese momento no existían demasiados principios de desarrollo a los que acudir. Los autores de Mobile-D apuntan a la necesidad

de disponer de un ciclo de desarrollo muy rápido para equipos muy pequeños. De acuerdo con sus suposiciones, Mobile-D está pensado para grupos de no más de 10 desarrolladores colaborando en un mismo espacio físico. Mobile-D es una mezcla de muchas técnicas, se ha apoyado en muchas otras soluciones bien conocidas y consolidadas: *eXtreme Programming (XP)*, *Crystal methodologies* y *Rational Unified Process (RUP)*. Los principios de programación extrema se han reutilizado en lo que se refiere a las prácticas de desarrollo, las metodologías *Crystal* proporcionaron un input muy valiosos en términos de la escalabilidad de los métodos y el RUP es la base para el diseño completo del ciclo de vida. (Blanco, Camarero, Fumero, Werterski, & Rodríguez, 2009)

El ciclo del proyecto se divide en cinco fases: exploración, inicialización, producción, estabilización y prueba del sistema (ver Figura 2.15). En general, todas las fases (con la excepción de la primera fase exploratoria) contienen tres días de desarrollo distintos: planificación, trabajo y liberación. Se añadirán días para acciones adicionales en casos particulares (se necesitarán días para la preparación del proyecto en la fase de inicialización, por ejemplo). (Blanco, Camarero, Fumero, Werterski, & Rodríguez, 2009)

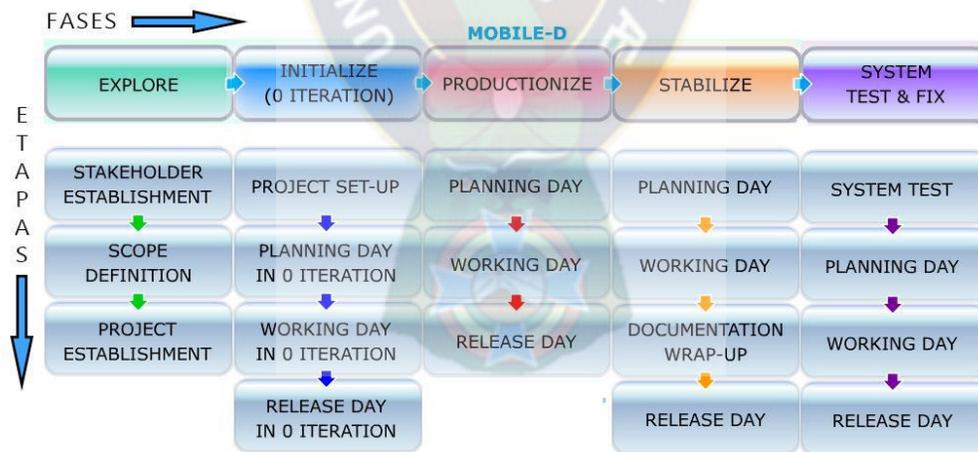


Figura 2.15: ciclo de desarrollo Mobile D
Fuente: (Mobile-D, 2004)

2.8.1 Exploración

Durante esta etapa, se delimita el mercado objetivo, se realiza un estudio de factibilidad y un plan de negocios, el objetivo es reconocer desde el inicio cuáles serán las oportunidades y fortalezas versus las debilidades y amenazas que afronta el sistema. Busca establecer un plan de proyecto y conceptos básicos, en conjunto con los clientes e interesados del proyecto, por lo que puede separarse del ciclo principal, sin que sea relegado. Además, deben identificarse claramente cuál será el nombre comercial del proyecto, objetivo general, tipo de aplicación y la plataforma para la cual se desarrollará el proyecto. (Bolaños Lima, 2013)

La fase de exploración, siendo ligeramente diferente del resto del proceso de producción, se dedica al establecimiento de un plan de proyecto y los conceptos básicos. Por lo tanto, se puede separar del ciclo principal de desarrollo (aunque no debería obviarse). Los autores de la metodología ponen además especial atención a la participación de los clientes en esta fase. (Blanco, Camarero, Fumero, Werterski, & Rodríguez, 2009)

2.8.2 Inicialización

Consiste en definir cuáles son los recursos necesarios, se planifican las siguientes etapas y se define el entorno técnico. Además, se empareja la experiencia previa y los patrones de arquitectónicos usados en la empresa, identificando similitudes y proponiendo soluciones viables a los requerimientos del nuevo proyecto, adjuntando las observaciones necesarias. (Bolaños Lima, 2013)

Durante la fase de inicialización, los desarrolladores preparan e identifican todos los recursos necesarios. Se preparan los planes para las siguientes fases y se establece el entorno técnico (incluyendo el entrenamiento del equipo de desarrollo). Los autores de Mobile-D afirman que la contribución al desarrollo ágil se centra fundamentalmente en esta fase, en la investigación de la línea arquitectónica. Esta acción se lleva a cabo durante el día de planificación. Los desarrolladores analizan el conocimiento y los patrones

arquitectónicos utilizados en la empresa (extraídos de proyectos anteriores) y los relacionan con el proyecto actual. Se agregan las observaciones, se identifican similitudes y se extraen soluciones viables para su aplicación en el proyecto. Finalmente, la metodología también contempla algunas funcionalidades nucleares que se desarrollan en esta fase, durante el día de trabajo. (Blanco, Camarero, Fumero, Werterski, & Rodríguez, 2009)

2.8.3 Producción

Durante la etapa de producción, se repite iterativamente el ciclo de planificar, desarrollar y liberar hasta completar todas las funcionalidades del proyecto. La planificación describe las tareas a realizar en base a los requerimientos y se definen las pruebas que se deben realizar; luego se desarrollan los productos en base a la planificación, usando las librerías y repositorios necesarios y en la última parte se integran los productos al proyecto completo, realizando las pruebas definidas y actualizando los repositorios de librerías. (Bolaños Lima, 2013)

En la fase de "productización" se repite la programación de tres días (planificación – trabajo - liberación) se repite iterativamente hasta implementar todas las funcionalidades. Primero se planifica la iteración de trabajo en términos de requisitos y tareas a realizar. Se preparan las pruebas de la iteración de antemano (de ahí el nombre de esta técnica de *Test-Driven Development*, TDD). Las tareas se llevarán a cabo durante el día de trabajo, desarrollando e integrando el código con los repositorios existentes. Durante el último día se lleva a cabo la integración del sistema (en caso de que estuvieran trabajando varios equipos de forma independiente) seguida de las pruebas de aceptación. (Blanco, Camarero, Fumero, Werterski, & Rodríguez, 2009)

2.8.4 Estabilización

En la etapa de integración, se asegura que el proyecto (como un todo) funcione correctamente, realizando las correcciones necesarias y generando la documentación del proyecto. (Bolaños Lima, 2013)

En la fase de estabilización, se llevan a cabo las últimas acciones de integración para asegurar que el sistema completo funciona correctamente. Esta será la fase más importante en el proyecto multi-equipos con diferentes subsistemas desarrollados por equipos distintos. En esta fase, los desarrolladores realizarán tareas similares a las que debían desarrollar en la fase de "productización", aunque en este caso todo el esfuerzo se dirige a la integración del sistema. Adicionalmente se considera en esta fase la producción de documentación. (Blanco, Camarero, Fumero, Warterski, & Rodríguez, 2009)

2.8.5 Prueba y reparación del sistema

La etapa de pruebas busca entregar una versión completamente estable y funcional del sistema, se compara y prueba el programa contra los requisitos del usuario y se corrigen todos los defectos encontrados. (Bolaños Lima, 2013)

2.9 Diagrama de actividades sobre el diagnóstico actual del Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia

Como se ilustra en la figura 2.16 el diagrama de actividades desde un punto de vista actual del museo de instrumentos musicales de Bolivia, sin aun contar con la nueva propuesta de este trabajo de investigación.

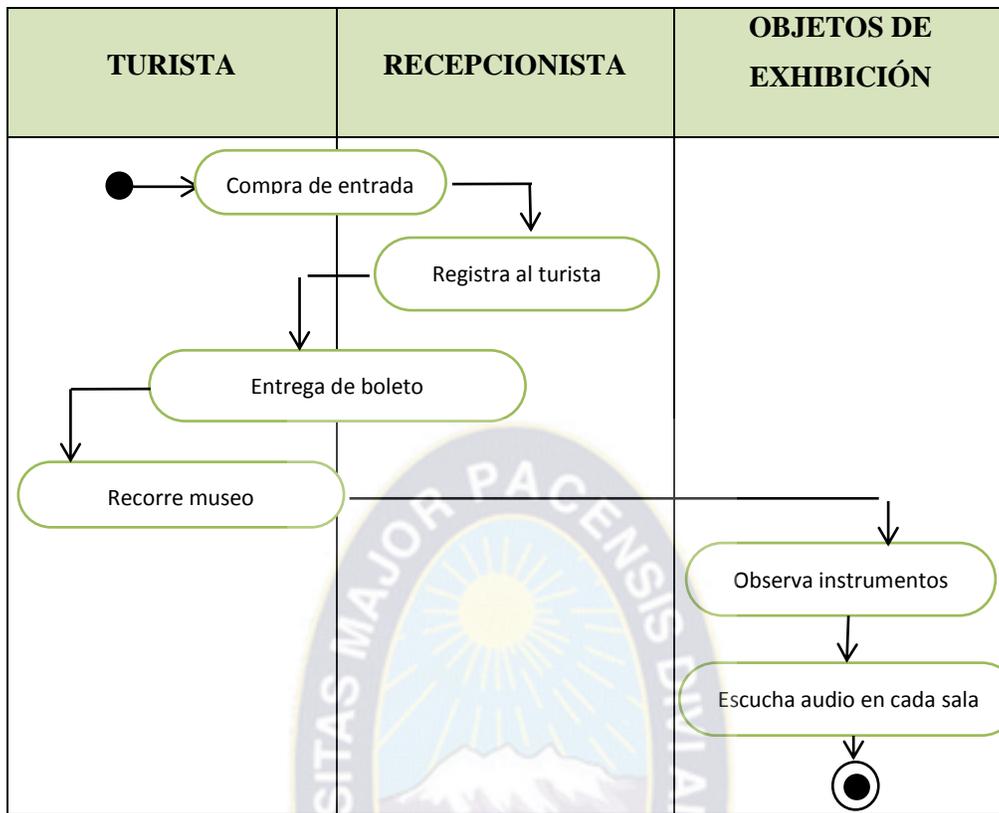


Figura 2.16: Diagrama de actividades sobre el diagnóstico actual
 Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

MARCO APLICATIVO

Para el desarrollo de la aplicación móvil se requiere utilizar una metodología de desarrollo ágil que utilice técnicas de desarrollo rápido y para dispositivos móviles donde el ciclo de desarrollo sea corto y para grupos pequeños, en este caso 1 persona, por estas razones que se decide hacer el uso de la metodología Mobile-D (ver sección 2.8 del capítulo 2) la cual el ciclo del proyecto se divide en cinco fases: exploración, inicialización, producción, estabilización y prueba del sistema.

A continuación se muestra la tabla 3.1 como el plan de trabajo para el desarrollo de la aplicación móvil.

Tabla 3.1: Plan de trabajo realizado según la metodología

Fuente: Elaboración propia

FASES DE METODOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	PROPÓSITOS
Fase de Exploración	En esta fase se realizara la recopilación de información de los diferentes tipos de instrumentos musicales que se seleccionarán para la aplicación. También identificaremos a los usuarios que interactuaran con el sistema, y debemos reflejar toda la información y los requerimientos necesarios para el sistema.	Identificación de actores.
		Reflejar detalladamente los requerimientos.

Fase de Iniciación	En esta fase es necesario obtener toda la información necesaria que se requiere para el desarrollo del sistema, haciendo un análisis del sistema propuesto.	Requerimientos de la aplicación móvil.
		Descripción de requerimientos de la aplicación móvil.
		Modelado del sistema propuesto.
		Modelado de datos.
		Modelado de procesos.
Fase de Producto	En esta fase se desarrollan los módulos necesarios del sistema determinando las pruebas respectivas, donde en cada módulo debe cumplir con las subfases que son (Planificación, Implementación y pruebas), En esta fase podemos decir que se lleva a acabo toda la implementación.	Planificar la etapa de desarrollo del trabajo en términos de requisitos y propósitos a realizar.
		Valorar los avances realizados por modulo, donde se puedan preparar la pruebas TDD.
		Desarrollar e integrar el código las características necesarias.
Fase de Estabilización	En esta fase se realiza las pruebas de integración de los distintos módulos desarrollados para obtener la aplicación móvil propuesta.	Modelo de la aplicación móvil, con la integración de todos los módulos desarrollados.
Fase de Pruebas	En esta fase se realiza la prueba final de la aplicación móvil buscando satisfacer las necesidades de los turistas que visitan el Museo	Se realiza la integración de toda la aplicación realizando pruebas hacia el usuario final.

	de Instrumentos Musicales de Bolivia, y de esta forma reparar cualquier error encontrado.	Reparación de errores encontrados si es que existieran.
--	---	---

3.1 Método de desarrollo de software

Para el desarrollo de la aplicación se utiliza la metodología Mobile-D (ver sección 2.8 del capítulo 2), el objetivo de este método es conseguir ciclos de desarrollo rápidos en equipos pequeños, el ciclo de vida de esta metodología se divide en cinco fases:

- 1) Exploración
- 2) Inicialización
- 3) Producción
- 4) Estabilización
- 5) Prueba del sistema y arreglos

3.1.1 Fase de exploración

Según los procedimientos recomendados por la metodología Mobile-D, para realizar esta etapa, primeramente se establece a todos los involucrados en el sistema, posteriormente se define los requerimientos para luego realizar un plan de proyecto, y finalmente asignar los recursos (técnicos y humanos) necesarios para el proyecto de desarrollo de software.

1. **Establecimiento de *stakeholders*:** los objetivos de esta etapa son identificar y establecer diferentes grupos de actores necesarios en diferentes tareas a lo largo del proyecto.
 - a) **Establecimiento de clientes:** se identifica al turista que visitara el museo en estudio como el principal actor, a quien está dirigido el producto final (ver Tabla 3.2).

Tabla 3.2: Actores intervinientes en la construcción de la aplicación
Fuente: Elaboración propia

CÓDIGO	ACTORES
ACT-001	Turista
Descripción	Es un usuario de la aplicación móvil quien utiliza la herramienta como medio tecnológico
Comentarios	Este actor utiliza la aplicación como medio de refuerzo del conocimiento.

b) **Establecimiento de grupo desarrollo:** el diseño y la construcción de la aplicación móvil, está desarrollado por la autora de la presente tesis.

2. **Delimitación del proyecto:** las tareas a cumplirse en esta etapa son 3: restricciones del proyecto, colección de requerimientos y planificación del proyecto.

a) **Restricciones:**

- ✓ **Lenguajes de programación:** los lenguajes de programación a utilizar son los siguientes:
 - i. **C#:** su sintaxis básica deriva de C/C++ y utiliza el modelo de objetos de la plataforma .NET, similar al de Java, aunque incluye mejoras derivadas de otros lenguajes.
- ✓ **Proceso de software:** la metodología Mobile-D se utiliza como proceso de desarrollo de software.
- ✓ **Plataforma de desarrollo:** la aplicación está desarrollada en el sistema operativo Android.

b) **Colección de requerimientos:** para la obtención de requerimientos se realizó una búsqueda minuciosa sobre el museo en estudio.

Se realizó la observación del Museo de Instrumentos Nacionales de Bolivia sobre el estado que se encuentra la atención hacia los turistas y lo que se está haciendo para llamar la atracción de turistas.

Para la realización de la aplicación es necesario la especificación de requisitos o necesidades del usuario, por esta razón que se toman en consideración los requerimientos funcionales. Estos requerimientos se muestran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Requerimientos funcionales
Fuente: Elaboración propia

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	
Requerimiento	Descripción
REQ01	Para la realidad aumentada, la aplicación debe usar imágenes recreativas.
REQ02	La aplicación debe contar con modelos 3D de acuerdo al instrumento que se exhibe en el museo.
REQ03	La aplicación debe contar con un audio del instrumento.
REQ04	La aplicación de contar con información extra sobre el instrumento en cuestión además desplegar un video que involucre al instrumento.
REQ05	La aplicación deberá permitir al usuario ampliar y reducir las imágenes

Los requerimientos no funcionales que son fundamentales para el buen funcionamiento de la aplicación, estos requerimientos no funcionales se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Requerimientos no funcionales
Fuente: elaboración propia

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	
Requerimiento	Descripción
REQ-NF01	<p>Interfaz: el sistema proporciona una interfaz de comunicación con el usuario sencillo, intuitivo y comprensible.</p> <p>Visualización: el sistema debe estar conformado por un esquema de colores que permiten una mejor visualización cuando se encuentra en espacios abiertos.</p>
REQ-NF02	<p>Tiempo de respuesta: el sistema debe responder a las solicitudes internas en menos de 5 segundos.</p>
REQ-NF03	<p>Compatibilidad con plataformas: la aplicación desarrollado ofrece compatibilidad con otras plataformas Android desde la versión 5.0</p>
REQ-NF04	<p>Procesamiento: es necesario que los dispositivos móviles empleados dispongan de una capacidad de procesamiento adecuada, así como los requisitos hardware necesario para llevar a cabo la RA como son el disponer de una cámara.</p>

3. Establecimiento del proyecto: en esta etapa se selecciona el ambiente, se asigna los recursos (técnicos y humanos) necesarios, se establece la arquitectura de la aplicación y el proceso para el proyecto de desarrollo de software.

a) **Selección del entorno:** para la selección del entorno, es primordial centrarse en la adquisición de un dispositivo móvil con sistema operativo Android en

donde se realice las pruebas y con un computador en donde se pueda instalar las herramientas para el desarrollo de la aplicación.

- b) **Asignación de personal:** el diseño y construcción de la aplicación móvil, está desarrollada por la autora de la presente tesis.
- c) **Definición de la línea de arquitectura:** la arquitectura se estructura como se muestra en Figura 3.1.



Figura 3.1: Arquitectura de la aplicación
Fuente: Elaboración propia

- d) **Establecimiento del proceso:** para realizar el establecimiento del proceso, se realizó un diagrama de proceso (ver Figura 3.2).

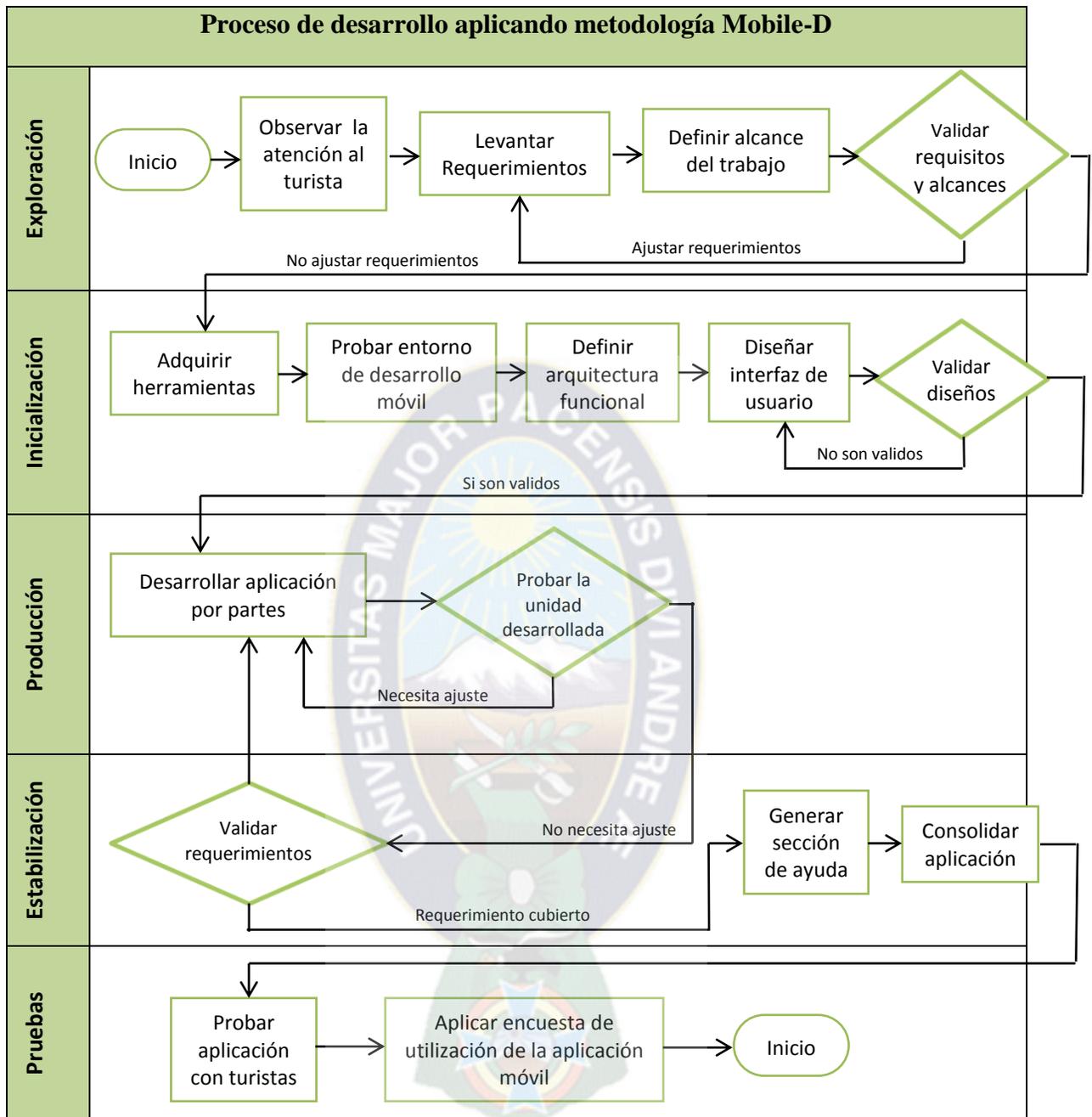


Figura 3.2: Diagrama de proceso por fases adaptado a la metodología de Mobile-D
Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Fase de inicialización

Después de determinar los requerimientos más importantes se pasa a la etapa de generación de diagramas. Para esta presente investigación se realiza el diagrama de caso de uso, casos

de uso expandido, diagrama de clases, diagramas de actividades y el diagrama de secuencia. Posteriormente se realiza el diseño de las interfaces de usuario.

1. **Diagrama de Casos de Uso:** en la figura 3.3 muestra el diagrama de caso de uso de realidad aumentada en función a la aplicación desarrollada, explican entre el usuario y el sistema de una representación general.

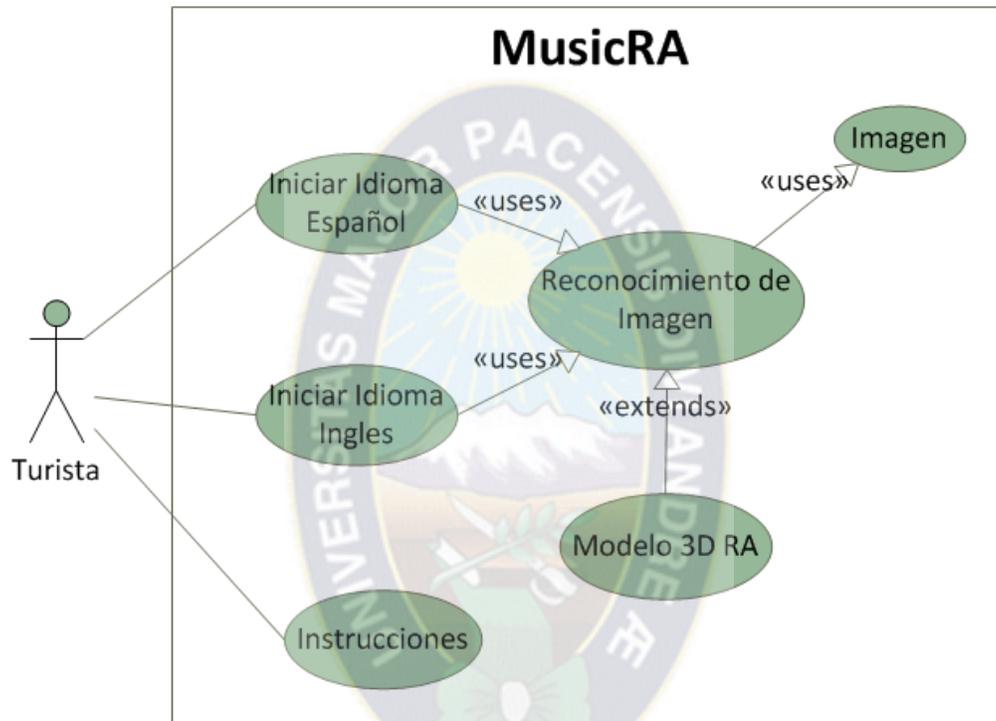


Figura 3.3: Casos de uso general de la aplicación
Fuente: elaboración propia

La Figura 3.4 muestra el caso de uso de Imagen mediante las selecciones definidas, ya sean en los diferentes grupos mencionados en el requerimiento funcional.

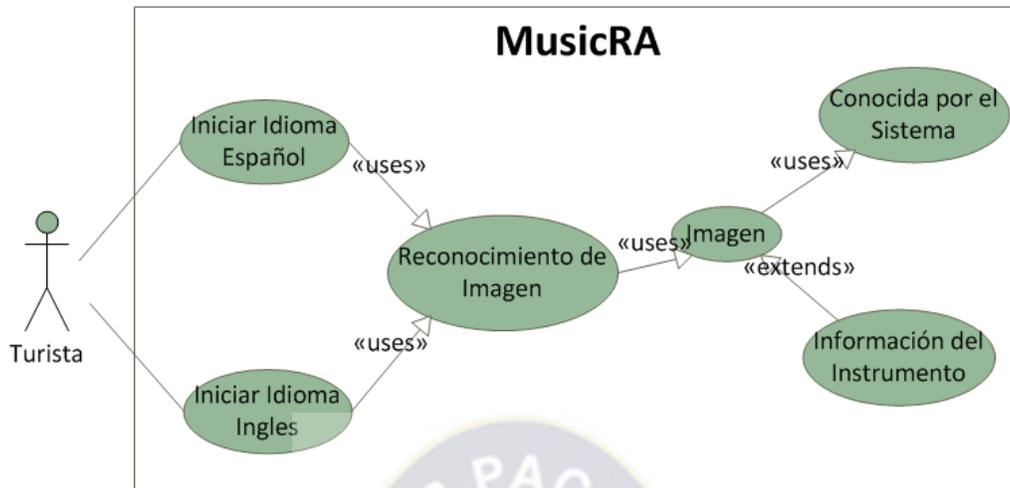


Figura 3.4: Expansión del caso de uso IMAGEN
Fuente: elaboración propia

La Figura 3.5 muestra el caso de uso de los Modelos 3D en Realidad aumentada mediante las selecciones definidas, ya sean en los diferentes grupos mencionados en el requerimiento funcional.

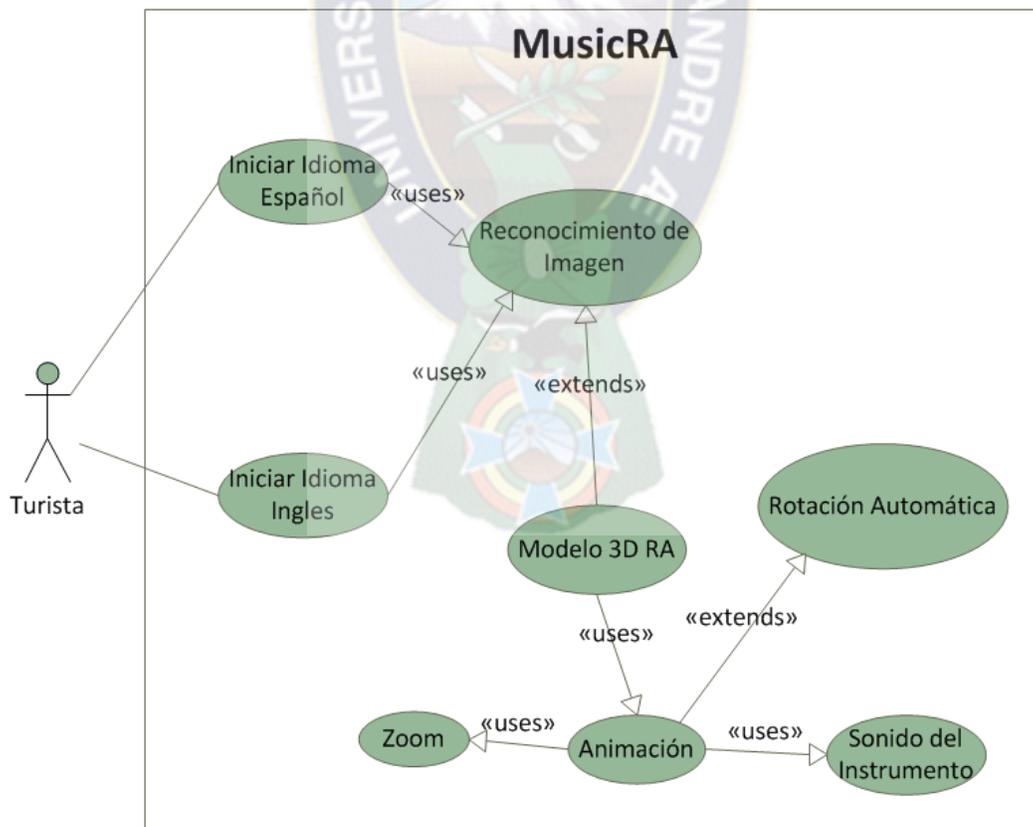


Figura 3.5: Expansión del caso de uno MODELO 3D RA
Fuente: elaboración propia

2. Descripción de los Casos de Uso: A continuación realizara la descripción de los casos de uso que se mostraron en los diagramas de caso de uso en el punto anterior, esta descripción se realiza para clarificar la participación del usuario, los proceso de la aplicación y su funcionamiento.

En el modo realidad aumentada incluye modelos 3D, información auditiva. Se realiza casos de uso expandido de las anteriores Figuras, estas se muestran en las Tablas 3.5 y 3.6.

En la Tabla 3.5 describe la relación y el funcionamiento del sistema para el caso de uso Reconocimiento de Imagen.

Tabla 3.5: Descripción de caso de uso – Reconocimiento de Imagen
Fuente: Elaboración propia

Nombre de Caso de uso	Reconocimiento de Imagen		
Descripción	Contiene rotación automática Caso de uso para introducir		
Actor	Turista		
Precondición	El turista ha ingresado a la aplicación y tiene el instrumento musical en su frente.		
Flujo de eventos	Paso	Entrada del actor	Respuesta del sistema
	1		Inicia la cámara de realidad aumentada en español o
	2	El turista enfoca el instrumento musical en los Markers.	La aplicación reconoce la imagen enfocada por el dispositivo móvil.
	3		La aplicación le muestra los modelos 3D con animación de los instrumentos musicales.
Post-condición	El turista selecciona una opción Instrucciones o Salir de la aplicación.		

Tabla 3.6: Descripción de caso de uso – Modelo 3D RA
Fuente: Elaboración propia

Nombre de Caso de uso	Modelo 3D RA		
Descripción	Contiene acercamiento y alejamiento, rotación automática, escucha el audio de acuerdo al instrumento.		
Actor	Turista		
Precondición	El turista enfoca con la cámara el marker del instrumento para reproducir el audio y con la ayuda de los botones de volumen puede regular; y además con los botones que se encuentran en la parte inferior que le ayuda a maximizar o minimizar el instrumento enfocado.		
Flujo de eventos	Paso	Entrada del actor	Respuesta del sistema
	1	El turista presiona el botón (+) para ampliar la imagen enfocada y presiona botón (-) para contraer imagen enfocada.	La aplicación muestra junto a los modelos 3D dos botones en la parte inferior del instrumento enfocado por el dispositivo móvil los cuales nos ayudan a ampliar y contraer el tamaño de
	2	El turista presiona el de volumen del móvil para disminuir o aumenta volumen.	La aplicación mantiene el objeto enfocado y empieza con la reproducción del audio de acuerdo al instrumento enfocado.

	3	El estudiante presiona el botón para Auto.	La aplicación mantiene el objeto enfocado y detiene la rotación cuando presiona el botón auto; que le ayuda a ver el instrumento en diferentes ángulos de forma detenida.
Post-condición		La aplicación muestra un objeto enfocado en rotación automática.	

El usuario elige la opción de iniciar la aplicación en Español o Inglés. Al momento de iniciar la aplicación realizara primeramente un reconocimiento de la imagen, esta imagen forma parte del instrumento musical además de estar definida y conocida por el sistema.

En la primera pantalla también se observa el botón de Extras, en el cual contiene información sobre el manejo de la aplicación y la información de la desarrolladora.

Posteriormente después de reconocer la imagen se muestra el aumento que consiste en la visualización de modelos 3D, estos modelos es de acuerdo a los instrumentos existentes en el museo, contienen animación, zoom y audio. Así mismo al reconocer la imagen se muestra información que se encuentra en el Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia en la esquina superior izquierda del dispositivo móvil como se muestra en la figura 3.6; en la esquina superior derecha con el botón de cámara que se muestra en la figura 3.7 se tiene más referencia sobre el instrumento reconocido además contiene un video donde hace referencia al instrumento enfocado como se observa en la figura 3.8; con el botón AUTO que se encuentra centrado en la parte inferior se puede rotar lentamente con los botones que se encuentran a sus costados.

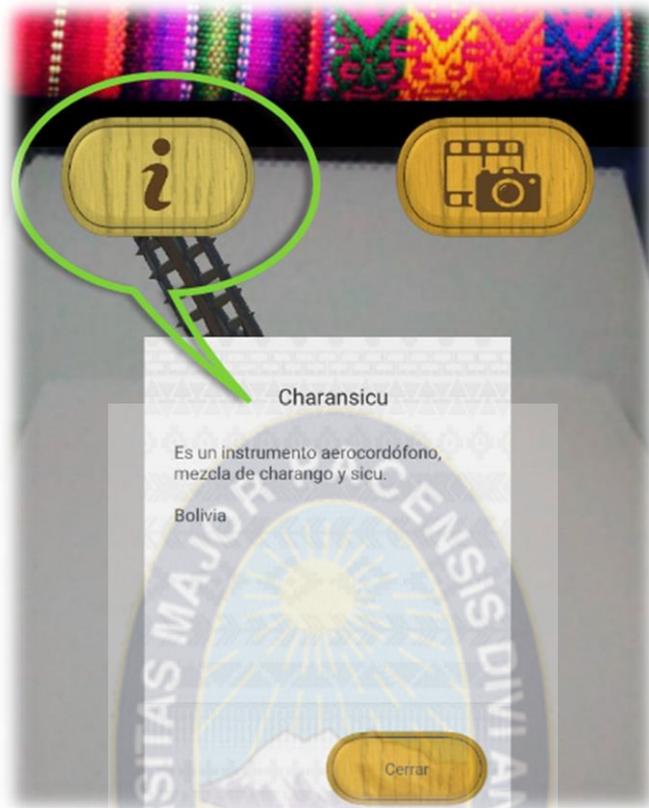


Figura 3.6: Información que se encuentra en el Museo
Fuente: elaboración propia



Figura 3.7: Icono que muestra más información
Fuente: elaboración propia

Charansicu



Se trata de otra creación relativamente reciente de Ernesto Cavour, que intenta emparejar una Zampoña y un Charango Modelo, lo cual, pareciendo imposible a primera vista, permite ejecutar los dos instrumentos a la vez.

Es un instrumento aerocordófono. Una mezcla entre el charango y la zampoña que en aymara se llama Sicu, por eso es el Charansicu.



Aceptar

Figura 3.8: Expansión de información y un video de referencia
Fuente: elaboración propia

- 3 Aplicación para el Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia:** En el presente trabajo se tiene un primer diseño de los resultados a grandes rasgos; con un dispositivo móvil con sistema operativo android donde se inicia la aplicación el cual trabajara con un marcador, la cámara reconoce el marcador y así se lograra visualizar el objeto en 3D.

En las figuras 3.9 del diagrama de actividades con la creación del aplicativo para el museo, también muestran la sencillez de usabilidad de la aplicación para el turista. Donde también se muestra que el Recepcionista fue reemplazado por la Aplicación RA y los Objetos de exhibición por los Marcadores.

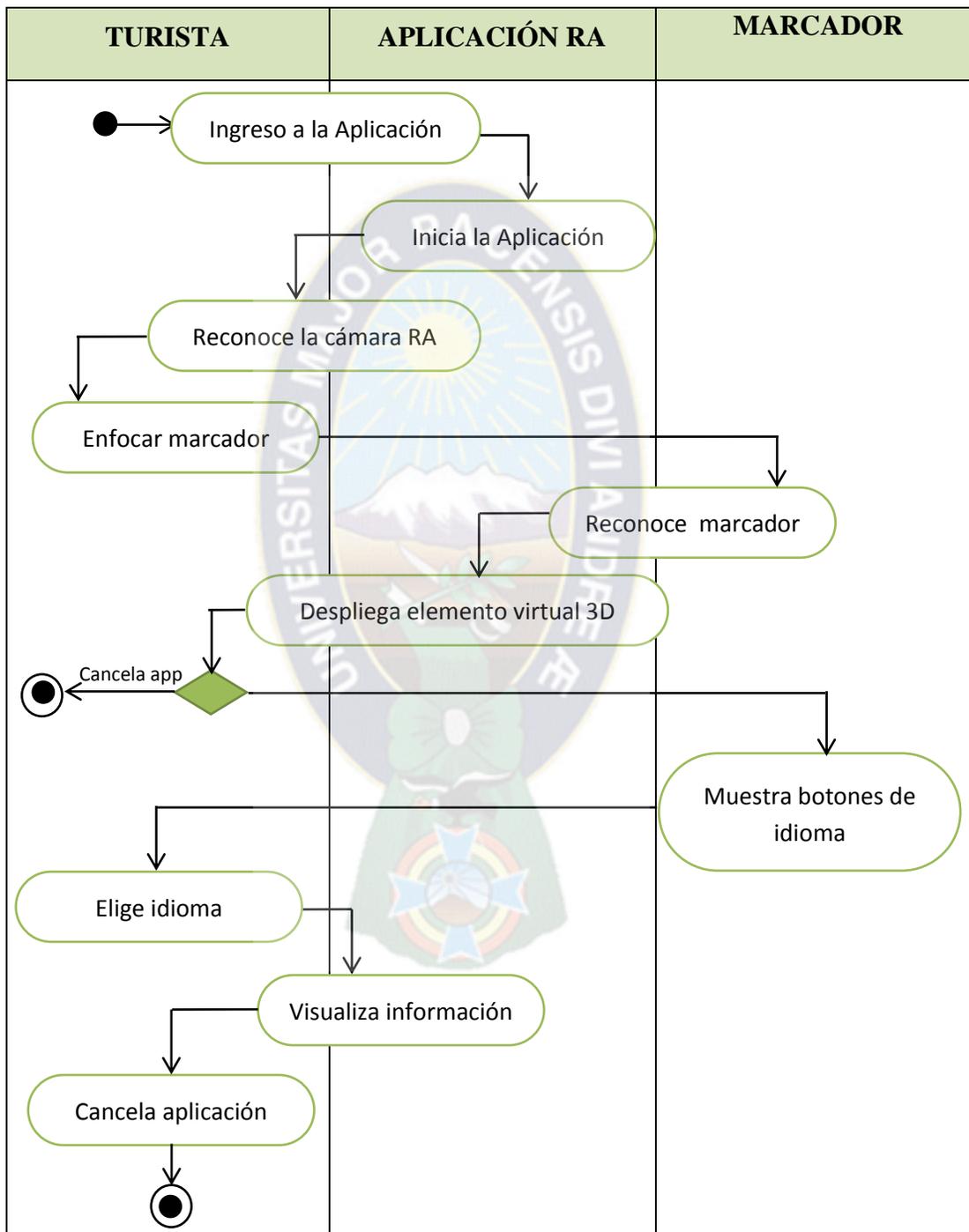


Figura 3.9. Diagrama de actividades con la aplicación MusicRA
Fuente (creación propia)

4 Diseño de pantallas sobre el aplicativo: en la Tabla 3.7 se muestra el diagrama de Gantt para el desarrollo de la aplicación, esta se realizó en baso a las fases de la metodología.

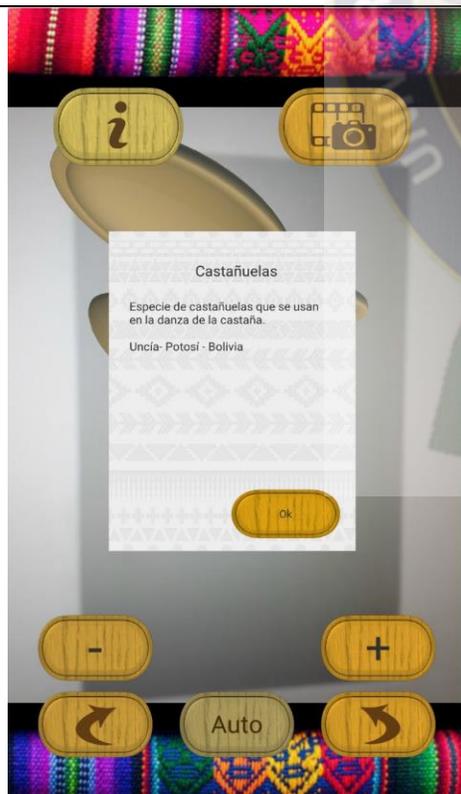
Tabla 3.7: Diseño de pantallas del aplicativo
Fuente: Creación propia

DISEÑO DE PANTALLA	DESCRIPCIÓN DE FUNCIONALIDADES
	<p>La primera pantalla pide iniciar en Español o Inglés.</p> <p>También se tiene el botón de Extras, donde se tiene instrucciones de uso de la aplicación y créditos de desarrollo.</p>



Despues de enfocar el marker, se tiene el instrumento en Realidad Aumentada.

Se tiene el boton de informacion que se tiene en el museo; s tiene el boton de mas informacion; se tiene los botos de ampliacion y reduccion de la vista; se tiene los botones de rotacion y el boton de auto que ayuda a detener el giro automatico.



El boton informacion nos desplegara la informacion que se obtuvo en el museo

Castañuelas



Con el diminutivo de castaña, "Castañuela", se define al instrumento musical de percusión, compuesto de dos mitades cóncavas en forma de concha, hecho de madera de castaño, palo santo o granadillo, que se unen por medio de un cordón que atraviesa las orejas del instrumento, y las sujeta al dedo pulgar, y con los otros cuatro dedos se percuten de tal forma que choquen entre sí, obteniéndose un sonido seco y de gran claridad rítmica. El origen de este instrumento es ibérico que, por tradición, se encuentra ligado a ritmos bailables específicamente españoles.



Carmen de Vicuña
Danza Ritual Del Folclore
M. de Chile
www.carmendevicuna.com

Ok

Con el botón de más información, desplegará más información que se encontró y con un video de referencia acerca del instrumento.



MusicRA

Bienvenido al Museo en Realidad Aumentada de Instrumentos Musicales de Bolivia

Iniciar

Start

Créditos

Salir

Instrucciones



En el botón Extras contiene las instrucciones básicas del manejo de la aplicación y créditos de la desarrolladora.

5 **Tabla de cronograma para el desarrollo el aplicativo:** en la Tabla 3.8 se muestra el diagrama de Gantt para el desarrollo de la aplicación, esta se realizó en baso a las fases de la metodología.

Tabla 3.8: Diagrama de Gantt
Fuente: Creación propia

ACTIVIDAD	TIEMPO																			
	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Levantamiento de Datos																				
Análisis de Datos																				
Diseño																				
Desarrollo																				
Entrega																				
Pruebas																				

Días laborales para cada actividad:

Levantamiento de datos → esta actividad se tendrá que realizar en 21 días hábiles.

Análisis de datos → esta actividad se tendrá que realizar en 12 días hábiles.

Diseño → esta actividad se tendrá que realizar en 22 días hábiles.

Desarrollo → esta actividad se tendrá que realizar en 32 días hábiles.

Entrega → esta actividad se tendrá que realizar en 10 días hábiles.

Pruebas → esta actividad se tendrá que realizar en 11 días hábiles.

3.1.3 Fase de producción

Antes de empezar con el desarrollo de la aplicación, primeramente se mencionara las herramientas que se usa para el desarrollo de la aplicación.

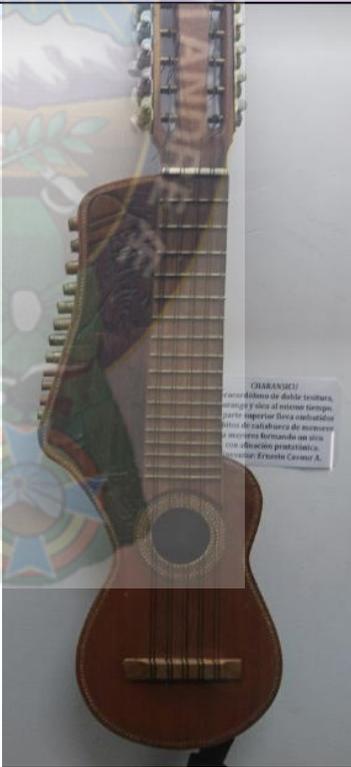
1. Selección de herramientas.

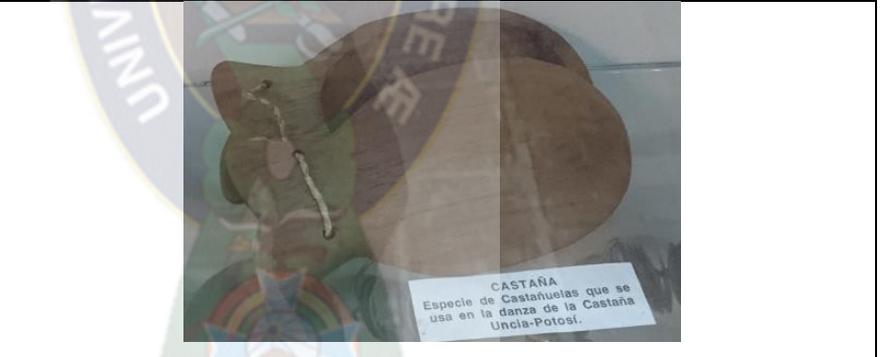
- **Dispositivo móvil:** con sistema operativo Android para el desarrollo de la aplicación.
- **Blender:** En la presente tesis se emplea la versión 2.75 para el diseño y modelado de los objetos a ser visualizados.
- **Unity 3D:** En la presente tesis se emplea la versión 5. 1. 2f1 para el desarrollo de la aplicación.
- **Qualcomm Vuforia:** En la presente tesis se emplea el SDK Vuforia para crear una aplicación con RA.
- **Sensor Structure:** según describe su fabricante Occipital, es el primer sensor 3D para dispositivos móviles. Se acopla al dispositivo móvil (de momento dispositivos IOS) permitiendo capturar mapas 3D de espacios interiores y exteriores y almacenar cada medición en el móvil. Es posible capturar instantáneamente modelos 3D de objetos y personas que puedan ser importados a programas de diseño asistido por computador (CAD) para su impresión 3D. También es posible utilizarlo en aplicaciones de realidad aumentada en las que el mundo real es el mundo que te muestra la aplicación. Está optimizado en un rango de entre 40 cm a más de 3,5 metros. Occipital proporciona una librería conocida como Structure SDK que permite desarrollar aplicaciones para dispositivos IOS. Hasta el momento es la única vía para desarrollar aplicaciones, pero hay que tener en cuenta que el creador de la librería de código abierto OpenCV está implicado en el proyecto por ser consejero de la empresa Occipital.

2. Desarrollo: en esta fase se pretende implementar todas las funcionalidades de la aplicación.

- i. Selección del instrumento musical para la realidad aumentada: para la selección del instrumento musical se tomó en cuenta aquellos instrumentos comunes y diferentes entre otros. En la presente tesis se utilizara el reconocimiento con marcadores identificando el instrumento mediante el reconocimiento de markers con las herramientas adecuadas para el desarrollo de la aplicación. En la Tabla 3.9 se muestran los instrumentos musicales que se eligieron para el desarrollo de la aplicación.

Tabla 3.9: Instrumentos musicales que se seleccionaron
Fuente: Elaboración propia

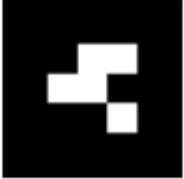
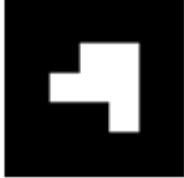
INSTRUMENTO	IMAGEN
<p style="text-align: center;">Charansicu</p>	

<p>Trompeta de cuerno</p>	
<p>Mimulas</p>	
<p>Castaña</p>	
<p>Maracas de los Chiquitanos</p>	

- ii. Creación de modelos 3D: los modelos 3D se muestran en la capa de aumento de la realidad al detectarse el marcador definido. El diseño del modelo 3D está basado en el dibujo de la imagen correspondiente.

En la tabla 3.10 veremos los Markes que se generaron.

Tabla 3.10: Markes generados para cada instrumento
Fuente: Elaboración propia

INSTRUMENTO	IMAGEN	MARKERS
Charansicu		
Trompeta de cuerno		
Mimulas		

<p>Castaña</p>		
<p>Maracas de los Chiquitanos</p>		

3. Elaboración de la interface de usuario: El diseño de las interfaces de la aplicación móvil se realizó mediante el editor de android studio en el lenguaje de programación java.

A continuación veremos el proceso de elaboración de la interface de usuario paso a paso.

En la figura 3.10 se puede observar la pantalla de inicio que se le presenta al turista que visita el Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia pidiendo que presione el botón de “iniciar” o “start” la aplicación dependiendo el idioma a elección.



Figura 3.10: Pantalla principal de la aplicación móvil
Fuente: elaboración propia

Una vez presionado el botón de “iniciar” o “start” nos llevara a la aplicación en funcionamiento, previamente enfocando el marker del instrumento, como se observa en la figura 3.11.



Figura 3.11: Pantalla principal de la aplicación móvil
Fuente: elaboración propia

En este entorno se observa las opciones que muestra al enfocar los markers de los instrumentos musicales, estos botones tienen las siguientes funcionalidades detalladas en la tabla 3.11.

Tabla 3.11: Funcionalidades de botones en la aplicación
Fuente: Elaboración propia

NOMBRE BOTÓN	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
Información		El boton muestra la informacion que se encuentra en el museo.
Más Información		El boton despliega mas informacion sobre el instrumento ademas incluye un video referencial.
Reducir imagen		El boton ayuda a reducir el tamaño de la imagen enfocada.
Ampliar imagen		El boton ayuda a ampliar el tamaño de la imagen enfocada.
Girar imagen a la izquierda		El boton funciona cuando se activo el boton AUTO, este boton ayuda a realizar giros de vista hacia la izquierda.
Girar imagen a la derecha		El boton funciona cuando se activo el boton AUTO, este boton ayuda a realizar giros de vista hacia la izquierda.
Detener giro automático		El boton ayuda a detener la rotacion automatica.

3.1.4 Fase de estabilización

En esta fase se lleva a cabo las últimas acciones de integración para asegurar que la aplicación completa funcione correctamente.

También se hizo una verificación de cada etapa de la aplicación haciendo énfasis en algunos cambios necesarios para que la aplicación móvil funcione correctamente.

Posteriormente se terminaron de ajustar todas las características de acuerdo a la programación realizada y se procedió a terminar esta fase haciendo una pequeña verificación y validación de los cambios necesarios.

3.1.5 Fase de pruebas

En esta fase se tiene como meta la disponibilidad de una versión de la aplicación estable plenamente funcional. Con los modelos finalizados y definidos ya en la aplicación.

- 1. Prueba de compatibilidad:** En las pruebas de compatibilidad, se asegura que la aplicación móvil funcionara como se pretende, con dispositivos móviles de diferentes tamaños de pantalla, distintas resoluciones y versiones de sistemas operativos de Android.

Para las pruebas de compatibilidad se tomaron como base dispositivos reales con diferentes características de software y hardware.

En la figura 3.12 se muestra la compatibilidad con una resolución de pantalla de (720x1280) en un celular Huawei Y5II con 1GB de memoria RAM y con versión de Android 5.1



Figura 3.12: Prueba en resolución de pantalla 720x1280
Fuente: elaboración propia

En la figura 3.13 se muestra la compatibilidad con una resolución de pantalla de (5.1 pulgadas super amoled) en un celular Samsung Galaxy S7 con 4GB de memoria RAM y con versión de Andriod 6.0



Figura 3.13: Prueba en resolución de pantalla 5.1 pulgadas
Fuente: elaboración propia

En la figura 3.14 se muestra la compatibilidad con una resolución de pantalla de (1920x1080) en un celular Samsung S4 con 2GB de memoria RAM y con versión de Andriod 4.4.2

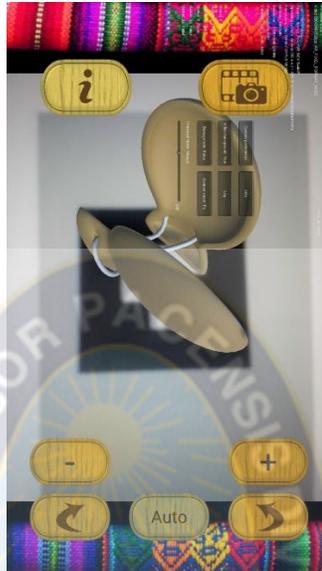


Figura 3.14: Prueba en resolución de pantalla 1920x1080
Fuente: elaboración propia

En la figura 3.15 se muestra la compatibilidad con una resolución de pantalla de (5.0 pulgadas) en un celular HTC One M9 con 1GB de memoria RAM y con versión de Andriod 5.0.2



Figura 3.15: Prueba en resolución de pantalla 5.0 pulgadas
Fuente: elaboración propia

2. **Prueba de funcionalidad:** Este tipo de pruebas examina si la aplicación cubre las necesidades de funcionamiento, de acuerdo a las especificaciones del diseño. Está relacionado con lo que realiza la aplicación y si cumple los requisitos funcionales específicos. La tabla 3.12 muestra que se cumplieron con todos los requerimientos funcionales propuestos.

Tabla 3.12: Cumplimiento de requerimientos funcionales
Fuente: Elaboración propia

Requerimientos	Se cumplió con el requerimiento		Resultado
	SI	NO	
Inicio de aplicación en dos idiomas.	✓		Correcto
Reproducción automática de audio de acuerdo al instrumento enfocado.	✓		Correcto
Ampliación y reducción de imagen.	✓		Correcto
Rotación de izquierda a derecha.	✓		Correcto
Muestreo de más información y video referencial sobre los instrumentos enfocados.	✓		Correcto

- 3. Prueba de usabilidad:** Las pruebas realizadas tienen finalidad de verificar que tan fácil de usar es la aplicación desarrollada. Es importante verificar que los usuarios finales puedan probar la aplicación en un dispositivo móvil y que funcione correctamente para ellos.

Se realizó algunas pruebas de usabilidad con los usuarios finales en el Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia, en la figura 3.16, figura 3.17, figura 3.18, figura 3.19, figura 3.20, figura 3.21 se muestran a los usuarios finales probando la aplicación.

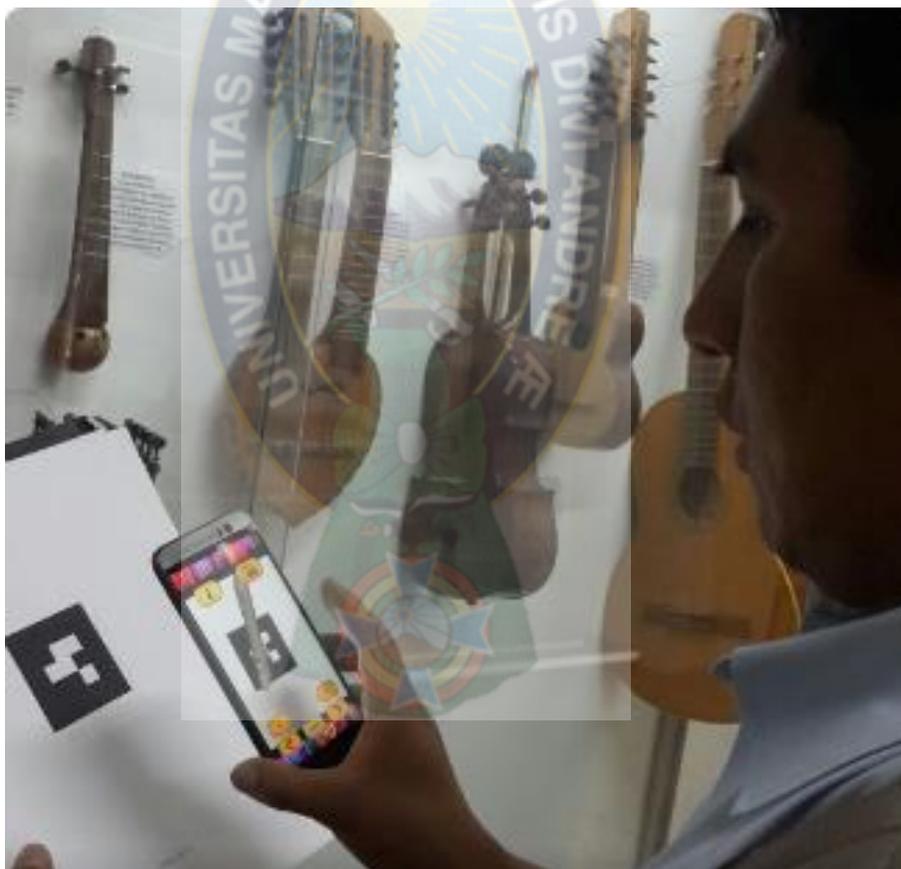


Figura 3.16: Usuario probando aplicación
Fuente: elaboración propia



Figura 3.17: Usuario probando aplicación
Fuente: elaboración propia

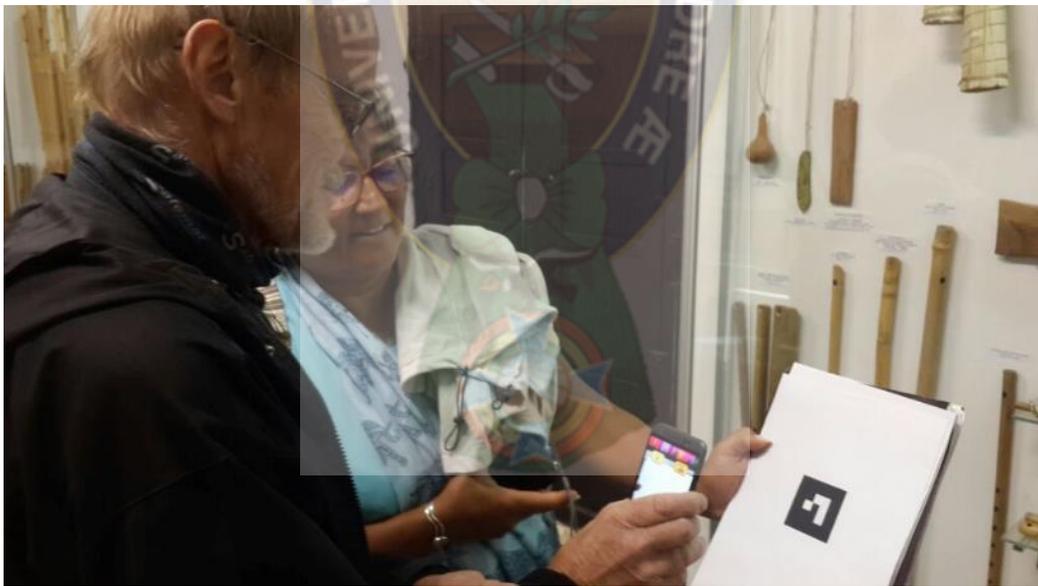


Figura 3.18: Usuario probando aplicación
Fuente: elaboración propia



Figura 3.19: Usuario probando aplicación
Fuente: elaboración propia

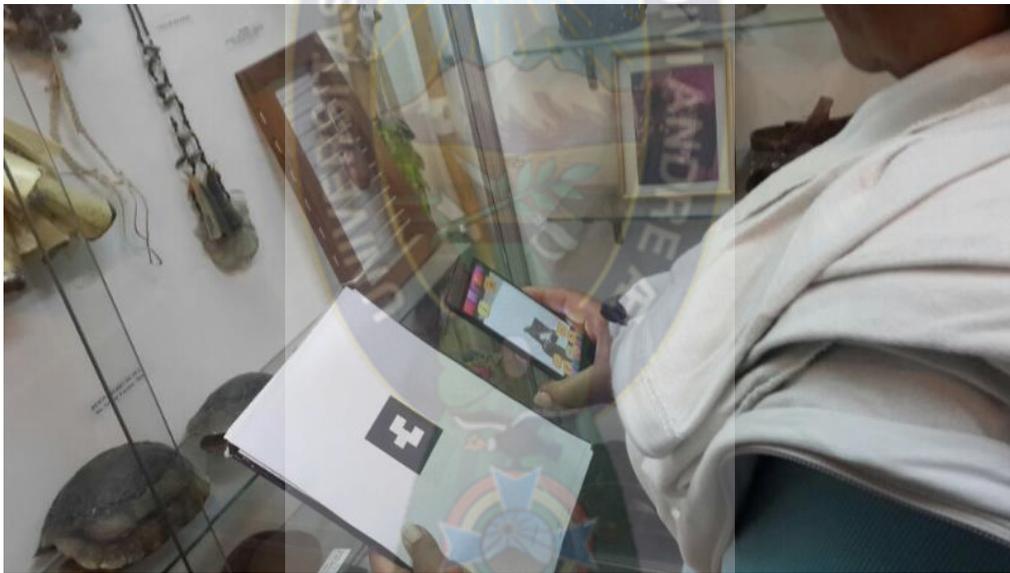


Figura 3.20: Usuario probando aplicación
Fuente: elaboración propia

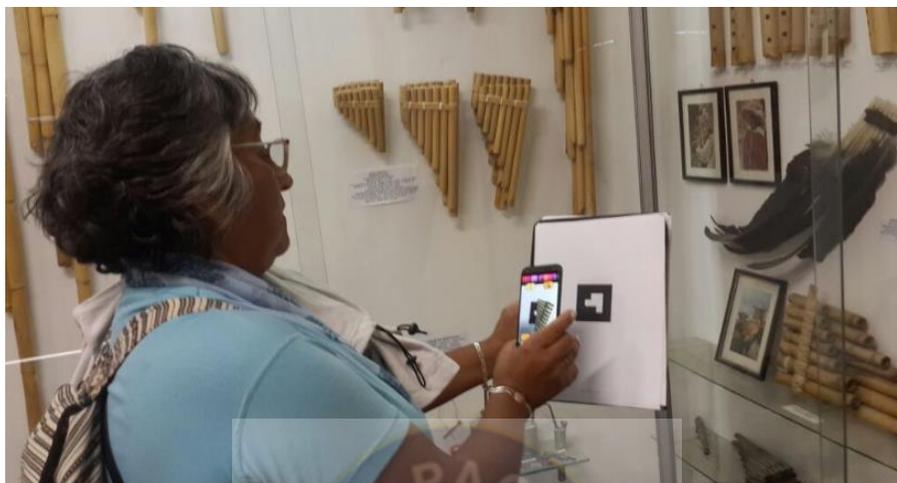


Figura 3.21: Usuario probando aplicación
Fuente: elaboración propia



EVALUACIÓN Y RESULTADOS

Para establecer la validez de la hipótesis, en principio se procederá a establecer un conjunto de pruebas de la aplicación móvil y a partir de los resultados se determinará el grado de aceptación de la aplicación.

4.1 Respuesta a preguntas de investigación planteadas

Tomando en cuenta las preguntas planteadas en el capítulo uno Realidad Aumentada en el Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia, se logrará brindar información actualizada a los visitantes que transcurran mencionado museo.

Para el desarrollo de la aplicación de Realidad Aumentada en el Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia, se obtuvo la información y recursos necesarios en completa disponibilidad, ya que estos son los más principales para el levantamiento de documentación y datos. En el capítulo uno de la presente tesis se describió todos los requerimientos, alcances, objetivos para su desarrollo.

El museo en la actualidad consta de un proceso de recepción de visitas muy tradicional desde hace 2 años que incorporaron audio en las salas de exhibición de acuerdo a los instrumentos que se encuentran en las salas, esto llamó aún más la atención de los visitantes al museo. En el capítulo dos de la presente tesis se describió conceptos sobre el museo en cuestión, descripción de herramientas para el desarrollo y para la elección de las mejores herramientas.

La frecuente pregunta en la actualidad es que si se puede añadir tecnología actualizada a nuestro turismo para incentivar las visitas; la contestación a la interrogante es la presente tesis Realidad Aumentada en el Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia, en el cual se

presentó el desarrollo en el capítulo 3, presentando el desarrollo de las fases de la metodología Mobile-D culminando cada fase con resultados óptimos.

El presente trabajo de investigación mostro que se hizo posible desarrollar una aplicación que muestre información sobre cada instrumento en exhibición dentro del museo de instrumentos musicales de Bolivia.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Durante este trabajo se diseñó, desarrollo y evaluó una aplicación móvil de información para el Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia con la incorporación de la Realidad Aumentada dirigido a los turistas que visitan dicho museo.

La implementación de la presente tesis tiene como finalidad potenciar la cultura de una forma innovadora y motivadora para la sociedad en general, haciendo uso de las nuevas tecnologías y herramientas, dejando de ser actividades soporíferas para los diferentes visitantes del museo.

Siendo así, el objetivo general fue cumplido ya que se realizó la construcción de la una aplicación móvil, implementándolo como apoyo en información a los turistas que son los usuarios finales y así incrementar visitas al museo. En base al desarrollo de la metodología Mobile-D.

Con la presente tesis se facilitó el acceso en forma digital sobre la historia de los instrumentos musicales que se tienen en el museo de estudio en este trabajo, también se incorporó un video de referencia de acuerdo a cada instrumento y audio referencial; la incorporación de estos dos elementos hizo que la aplicación móvil necesitara más recursos del teléfono móvil y lo más fundamental necesita más espacio para su instalación, por lo cual, se obtuvo que la aplicación funcionara correctamente desde la versión 5 de android en adelante. Se realizaron pruebas en versionas anteriores a Lollipop y la aplicación móvil funciona con ciertas anormalidades.

Se logró facilitar la información necesaria sobre los instrumentos exhibidos en el Museo de Instrumentos Musicales de Bolivia, se logró añadir información encontrada en sitios web fiables, esta información se genera de acuerdo a cada instrumento y es conocido por la aplicación.

Se presentaron problemas al iniciar la sesión en las pruebas, se verificó las versiones de Android lo cual era el principal inconveniente, de acuerdo a la versión de Android debía deshabilitarse los datos móviles del teléfono inteligente, la interfaz del usuario era otro inconveniente que realizaba una rotación automática de la aplicación, al realizar las pruebas y verificación de más especificaciones para la instalación de la aplicación MusicRA, se comprobó que la aplicación funciona normalmente en una versión de Ginger Bread Android Versión 2.3.

Una vez subsanada cada falencia encontrada en el proceso del desarrollo usando la metodología Mobile-D, se puede concluir finalmente que la aplicación móvil desarrollada para incentivar la concurrencia a los centros turísticos que se tiene en nuestro entorno, obteniendo resultados favorables sobre la aplicación siendo que fue probada en distintos celulares de características diferentes y tamaños, siendo que funcionan correctamente todas las funcionalidades de la aplicación.

5.2 Recomendaciones

Viendo que la tecnología se va desarrollando a pasos desmedidos cada vez mas sobre todo en el área de la informática, se puede realizar proyectos en distintos ámbitos para contribuir en el desarrollo de la sociedad, y otros factores que nos ayuden a vivir mejor.

Por tal motivo se recomienda:

- Desarrollar aplicaciones móviles que puedan ser utilizadas en cualquier dispositivo móvil, y así no limitarse a un solo tipo de sistema operativo móvil.

- Debido a la cantidad de recursos que consume la realidad aumentada, se recomienda disponer de un teléfono con al menos 1GB de memoria RAM y Android 5.0 o superior.
- También se recomienda trabajar de manera conjunta con profesionales del área respectiva, para un mejor desarrollo de la aplicación.
- Implementar esta tecnología para diferentes museos para incrementar visitas y crear más turismo en nuestro país.



BIBLIOGRAFÍA

- Basogain, Olabe, Espinosa, Rouèche, & Olabe, (2007). *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*. Recuperado de www.anobium.es/docs/gc_fichas/doc/6CFJNSalrt.pdf.
- Berenice. (2013). *Nuevas aplicaciones para hacer tours virtuales en museos del mundo*. Recuperado de Blog.universalplaces.com/aplicaciones-para-museos/
- Berenice. (2013). *Nuevas aplicaciones para hacer tours virtuales en museos del mundo*. Recuperado de Blog.universalplaces.com/aplicaciones-para-museos/
- Boliva en tus Manos.com (2015). *Microsoft presenta las gafas de realidad virtual HoleLens y un Surface de 84 pulgadas*. Recuperado de <http://www.boliviaentusmanos.com/noticias/tecnologia/141738/microsoft-presenta-las-gafas-de-realidad-virtual-hololens-y-un-surface-de-84-pulgadas.html>
- Cammie, Vick. (2015). *The MOMA iPhone App*. Recuperado de www.moma.org/explore/mobile/iphoneapp
- Carrasco, Gómez, Tortosa, Gómez, Soria, & Méndez.(2016) *Captura de movimiento del alumnado: una aproximación*.
- Cavour (1994), *Los instrumentos musicales de Bolivia* (Edición CIMA). La Paz
- García, Choque (2015). *El proyecto turístico que participa en la feria de Ciencia y Tecnología de La Paz*. Recuperado de <http://acturism.blogspot.com/2015/12/el-proyecto-turistico-que-participa-en.html>

- Gutierrez (2015). *Realidad aumentada para el atractivo turístico del parque Cretácico-sucro* (Tesis de Grado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
<http://academiaandroid.com/android-studio-v1-caracteristicas-comparativa-eclipse/>:
<http://www.elandroidelibre.com/2013/03/java-y-android-una-relacion-de-amorodio.html>
- LanceTalent (2010) *Cuánto cuesta crear una App móvil y como se desarrolla*. Recuperado de <https://www.lancetalent.com/blog/cuanto-cuesta-crear-una-app-como-se-desarrolla/>
- Luque (2015). *Realidad aumentada y reconocimiento de imágenes en el ámbito educativo* (Tesis de Grado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- MediaMuseum. (2011). *App para iPhone del Museo Guggenheim Bilbao*. Recuperado de <https://mediamuseum.com/2011/07/>
- MedinaMuseum. (2011). *App para iPhone del Museo Guggenheim Bilbao*. Recuperado de https://mediamuseum.com/2011/07/20/app_iphone_guggenheim/
- Miyamoto. (2013). *Nintendo 3ds guide: Louvre, la guía multimedia del museo parisino*. Recuperado de <https://conectadok.openbank.universai.es/noticias/nintendo-3ds-guide-louvre-la-guia-multimedia-del-museo-parisino/>
- Olivencia (2014). *Realidad Aumentada bajo Tecnología Móvil basada en el Contexto Aplicada a Destinos Turísticos*. Universidad de Malaga, Facultad de Turismo.
- Rascón (2014). *Proyecto de realidad aumentada en el museo de Orce* (Tesis de Grado). Universidad de Granada, Granada.

Rebeca. (2013). *Aplicaciones de museos para realizar tours virtuales*. Recuperado de www.whatsnew.com/2013/08/09/6-apps-de-museos-para-realizar-tours-virtuales/

Rivero Mercado (2015). El deber. Tendencias. Presentan HoloLens, gafas que hacen realidad la ciencia ficción. Recuperado de <http://www.eldeber.com.bo/tendencias/presentan-hololens-gafas-realidad-ciencia.html>

Sanabria (2014). *Página Siete. Gente. Dinosaurios 3d, la realidad aumentada llega al campo educativo*. Recuperado de <http://www.paginasiete.bo/gente/2014/8/7/dinosaurios-realidad-aumentada-llega-campo-educativo-28685.html>

Shaw (2001). *The Golden Calf*. Recuperado de <http://netzspannung.org/cat/servlet/CatServlet?cmd=netzkollektor&subCommand=showEntry&entryId=147953&lang=en> una-relacion-de-amor-odio.html. Obtenido de <http://www.elandroidelibre.com/>:

Vante (2013). *Java y Android, una relación de amor-odio*. Recuperado de <http://www.elandroidelibre.com/2013/03/java-y-android->

Waelder (2012). *Academia Android* (2016). <http://academiaandroid.com/android-studio-v1caracteristicas-comparativa-eclipse/>. Obtenido de

Waelder (2012). *Diez proyectos de arte y realidad aumentada*. Recuperado de <http://laboralcentrodearte.uoc.edu/?p=3067>

Wikipedia (2017). Anexo: *Historial de Versiones de Android*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Historial_de_versiones_de_Android