

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA



**“APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA EN LIBROS
EDUCATIVOS TRADICIONALES PARA LA ENSEÑANZA EN
EDUCACIÓN BÁSICA REGULAR EN EL DEPARTAMENTO
DE PUNO – 2016”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ROGER QUISPE RIQUELME

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ESTADÍSTICO E INFORMÁTICO

PUNO - PERÚ

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

**“APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA EN LIBROS EDUCATIVOS
TRADICIONALES PARA LA ENSEÑANZA EN EDUCACIÓN BÁSICA REGULAR
EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO – 2016”**

TESIS

Presentada por:

Bach. ROGER QUISPE RIQUELME

Para optar el Título profesional de:

INGENIERO ESTADÍSTICO E INFORMÁTICO

APROBADO POR EL JURADO DICTAMINADOR:

PRESIDENTE

:

M.Sc. REMO CHOQUEJAHUA ACERO

PRIMER MIEMBRO

:

M.Sc. LEONID ALEMAN GONZALES

SEGUNDO MIEMBRO

:

M.Sc. ANGEL JAVIER QUISPE CARITA

DIRECTOR/ASESOR

:

Dr. EDGAR ELOY CARPIO VARGAS

ÁREA

: Informática

TEMA

: Ingeniería de software

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a:

Mi madre y hermana, por su apoyo en todos los momentos de mi vida brindándome siempre su aliento para seguir adelante.

A mi esposa e hijo que son el motivo y fuerza para realizar cualquier actividad en mi vida, por su cariño y su apoyo en cada uno de los proyectos que me propongo.

A mi asesor Dr. Edgar Eloy Carpio Vargas, por su tiempo y apoyo en el desarrollo del presente trabajo, también a mis jurados M.Sc. Remo Choquejahua Acero, M.Sc. Leonid Aleman Gonzales, M.Sc. Angel Javier Quispe Carita, por sus acotaciones y correcciones al presente trabajo.

Al Centro Educativo Inicial 192 de la ciudad de Puno por su apoyo en la ejecución del presente trabajo.

A la Universidad Nacional del Altiplano, por brindarme los mejores profesionales que me brindaron sus conocimiento y experiencia durante los 5 años de estudio.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPITULO I	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.5. HIPÓTESIS	20
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPITULO II	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.2. BASE TEÓRICA	36
2.2.1. REALIDAD AUMENTADA.....	36
2.2.2. REALIDAD AUMENTADA EN LA EDUCACIÓN	40
2.2.3. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS MÓVILES.....	41
2.2.4. ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA APLICACIÓN	43
2.3. FRAMEWORKS DE REALIDAD AUMENTADA	44
2.3.1. ARLAB.....	44
2.3.2. ARToolkit.....	45
2.3.3. DroidAR.....	46
2.3.4. Layar	46
2.3.5. Metaio	47
2.3.6. NyARTToolkit	47
2.3.7. Vuforia	48
2.4. HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA.....	49
2.4.1. VUFORIA	49

2.4.2.	SKETCHUP	52
2.4.3.	UNITY	53
2.4.4.	OBJETOS EN 3D.....	58
CAPITULO III		60
3.1.	METODOLOGÍA.....	60
3.1.1.	Exploración	62
3.1.2.	Inicialización	63
3.1.3.	Producción.....	64
3.1.4.	Estabilización	65
3.1.5.	Pruebas.....	66
CAPITULO IV.....		69
4.1.	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	69
4.1.1.	Exploración	69
4.1.2.	Inicialización	71
4.1.3.	Producción.....	73
4.1.4.	Estabilización	75
4.1.5.	Pruebas.....	77
4.2.	EVALUACIÓN DE USABILIDAD	78
4.2.1.	Participantes.....	79
4.2.2.	Métodos e Instrumentos.....	79
4.2.3.	Contexto	85
4.2.4.	Procedimiento	87
4.3.	RESULTADOS COMPARATIVOS PARA ELECCIÓN DE PLATAFORMA DE DESARROLLO.	89
4.4.	RESULTADOS DEL DISEÑO DE PROTOTIPO DE REALIDAD AUMENTADA.	93
4.4.1.	Creación en Vuforia	93
4.4.2.	Integración con Unity	97
4.5.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE USABILIDAD DE LA APLICACIÓN.....	102
4.5.1.	Pruebas unificadas de entrada y salida	102
4.5.2.	Pruebas de carga de la aplicación	105
4.5.3.	Observación.....	106
4.5.4.	Cuestionario.....	107

CONCLUSIONES..... 111

RECOMENDACIONES..... 113

REFERENCIAS..... 114

ANEXOS..... 120



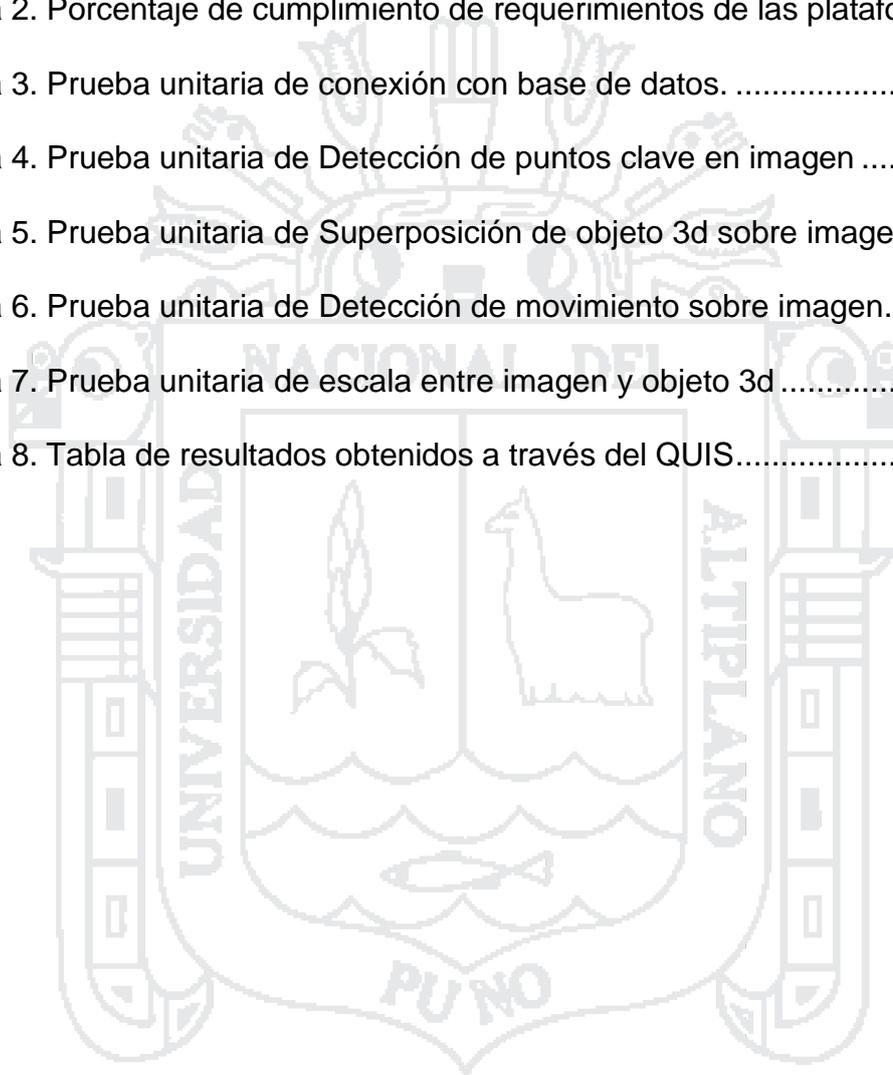
ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variación de Ambiente Real al Virtualidad	37
Figura 2. Ejemplo de Realidad Aumentada.....	39
Figura 3. Porcentaje de smartphones ingresados al Perú.....	42
Figura 4. ARlab	45
Figura 5. ARToolkit.....	45
Figura 6. DroidAR	46
Figura 7. Layar	46
Figura 8. Metaio Mobile.....	47
Figura 9. NyARToolkit.....	48
Figura 10. Vuforia - Qualcomm	48
Figura 11. Arquitectura de vuforia	51
Figura 12. Plataformas de exportación de unity	56
Figura 13. Opciones de configuración para exportación de unity	56
Figura 14. Diagrama de actividades Mobile-D.....	68
Figura 15. Imágenes capturadas de libro.. ..	74
Figura 16. Animales en 3d	74
Figura 17. Imágenes con puntos clave.....	75
Figura 18. Prototipo de la aplicación	77
Figura 19. Usuario identificando objetos en 3d.....	84
Figura 20. Usuario manipulando dispositivo móvil.....	84
Figura 21. Dispositivos móviles utilizados	87
Figura 22. Análisis de puntos relevantes para el proyecto.	91
Figura 23. Distribución de sistemas operativos para smartphones.....	92
Figura 24. Distribución de sistemas operativos para tablets.....	93

Figura 25. Creación de licencia en vuforia	94
Figura 26. Administrador de licencias - vuforia.....	95
Figura 27. Licencia para el prototipo generado por vuforia.....	95
Figura 28. Creación de base de datos de marcadores- vuforia	96
Figura 29. Añadido de imágenes en base de datos - vuforia.....	96
Figura 30. Rating de imágenes en base de datos - vuforia	97
Figura 31. Creación de proyecto en Unity	97
Figura 32. Paquetes generados en vuforia para integración en unity.....	98
Figura 33. Generación de objetos en 3d en sketchup.	98
Figura 34. Añadido de ARcamara en proyecto.....	99
Figura 35. Enlazado con licencia de la aplicación de vuforia.....	99
Figura 36. Integración de Dataset de vuforia en unity	100
Figura 37. Ajuste de objetos 3d con imágenes del libro	100
Figura 38. Generación de apk del proyecto.....	101
Figura 39. Prueba con prototipo final en libro	101
Figura 40. Resultados de usuarios obtenidos a través del QUIS.....	108
Figura 41. Resultados de preguntas obtenidos a través del QUIS.	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actualización de tabla de comparativa de (Palomino Ruiz, I. I., & Wong Ortecho, G. V. 2013).....	90
Tabla 2. Porcentaje de cumplimiento de requerimientos de las plataformas.	91
Tabla 3. Prueba unitaria de conexión con base de datos.	102
Tabla 4. Prueba unitaria de Detección de puntos clave en imagen	103
Tabla 5. Prueba unitaria de Superposición de objeto 3d sobre imagen.....	103
Tabla 6. Prueba unitaria de Detección de movimiento sobre imagen.....	104
Tabla 7. Prueba unitaria de escala entre imagen y objeto 3d	104
Tabla 8. Tabla de resultados obtenidos a través del QUIS.....	108



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

TIC: TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN.

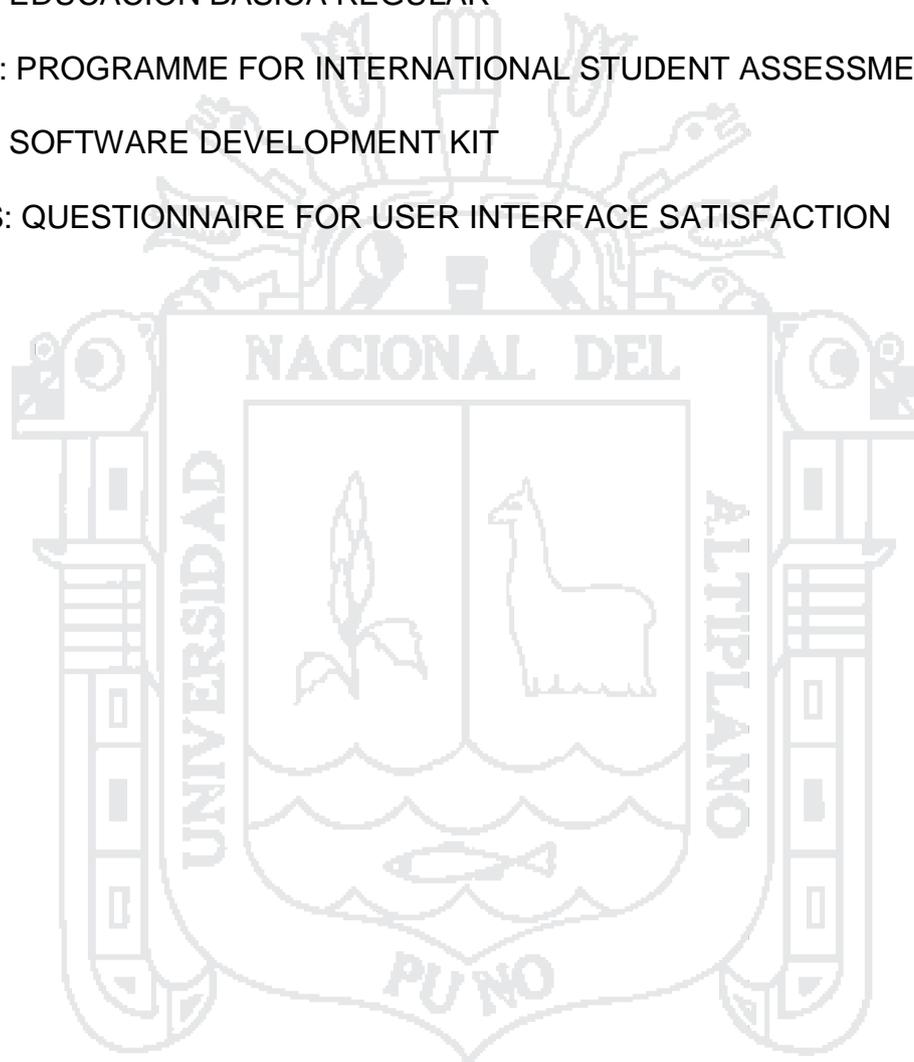
3D: TERCERA DIMENSIÓN

EBR: EDUCACIÓN BÁSICA REGULAR

PISA: PROGRAMME FOR INTERNATIONAL STUDENT ASSESSMENT

SDK: SOFTWARE DEVELOPMENT KIT

QUIS: QUESTIONNAIRE FOR USER INTERFACE SATISFACTION



RESUMEN

La tesis tuvo como objetivo mejorar la visualización de contenido de los estudiantes en los libros educativos tradicionales de distribución gratuita en Educación Básica Regular, para ello se evaluó y eligió una plataforma que cumpliera con los requerimientos básicos para el diseño de una aplicación de realidad aumentada, se procedió a diseñar un prototipo de realidad aumentada que usara las imágenes de los libros como marcadores para sobreponer objetos en 3d, finalmente se evaluó la satisfacción del usuario al emplear la aplicación de realidad aumentada basado en el cuestionario QUIS. La metodología para el desarrollo del prototipo fue Mobile-D para optimizar los tiempos de desarrollo sin sacrificar la calidad de la aplicación. Se tomó como grupo de estudio a las docentes de la Institución Educativa Inicial 192 de la ciudad de Puno. Se realizó la evaluación entre las plataformas y se eligió Vuforia para desarrollar el prototipo de realidad aumentada denominado YAPAY el cual al enfocar la cámara integrada de cada equipo sobre las imágenes que contienen los libros muestran objetos en 3d. Para evaluar la satisfacción de los usuarios se realizó encuestas. Como resultado es posible afirmar que la aplicación de realidad aumentada mejora la visualización de contenido de los estudiantes con el contenido de los libros educativos tradicionales de distribución gratuita en Educación Básica Regular empleando la metodología Mobile-D para su desarrollo.

Palabras Claves: Realidad Aumentada, Vuforia, satisfacción, Educación Básica Regular, Marcadores, 3d, Aplicación.

ABSTRACT

The thesis had as objective improve the visualization of student content in the traditional educational books of free distribution in Basic Education. For this purpose, a platform was chosen that fulfilled the basic requirements for the design of an augmented reality application, We proceeded to design a prototype of augmented reality that used the images of the books as markers to superimpose objects in 3d, finally we evaluated the satisfaction of the user when using the augmented reality application based on the QUIS questionnaire. The methodology for the development of the prototype was Mobile-D to optimize the development times without sacrificing the quality of the application. The teachers of the Educational Institution 192 of the city of Puno were taken as a study group. The evaluation was carried out between the platforms and Vuforia was chosen to develop the augmented reality prototype called YAPAY which, when focusing the integrated camera of each equipment on the images that contain the books show objects in 3d. Surveys were conducted to assess user satisfaction. As a result, it is possible to state that the augmented reality application improves students' content visualization with the content of traditional free-of-charge educational books in Regular Basic Education using the Mobile-D methodology for their development.

Keywords: Augmented Reality, Vuforia, Satisfaction, Regular Basic Education, Markers, 3d, Application.

INTRODUCCIÓN

La tecnología avanza rápidamente, la informática y su aplicación en diferentes campos son significativos, tanto a nivel de procesamiento y memoria como en el tamaño de los dispositivos.

Este rápido desarrollo ha producido una revolución en la forma en que vivimos. Su crecimiento vertiginoso ha sido muy superior a revoluciones anteriores como la agricultura y la revolución industrial. Hoy en día las TIC se encuentran presentes en casi todas las áreas de conocimiento y su aplicación se masifica en gran cantidad en las actividades que realizamos diariamente. Tanto así, que incluso se han vuelto invisible en muchos casos, siendo usadas sin siquiera darnos cuenta.

Las TIC están presentes en casi todas las áreas, una de ellas es la educación donde cumplen una función transformadora (Brunner, J. J. 2001). Su uso tiene como fin apoyar a la formación de los estudiantes y mejorar la interacción del docente con los estudiantes (Sánchez, J. 2001). Una efectiva integración de las TIC se logra cuando la tecnología llega a ser parte integral de la sesión de clase. Es decir se convierte en un objeto de aprendizaje, cuando las TIC se utilizan en forma habitual en las aulas para tareas variadas, obtener información, experimentar, simular, etc.

En la actualidad, en Perú está impulsando el uso de las TIC dentro de los centros de Educación Básica Regular (Díaz, J. J. 2008). En particular su uso debe emplearse desde los niveles iniciales. Otra área donde la tecnología ha impactado fuertemente es en la representación de la información. Desde hace un tiempo se

pueden observar una gran cantidad de aplicaciones web, desktop y apps que utilizan Realidad Aumentada para permitir al usuario interactuar con objetos virtuales a través de patrones fichas o tarjetas (Azuma, R y cols. 2001)(Bimber, O. y Raskar, R. 2005).

Al unir ambas áreas como son la educación y la representación de información observamos que la Realidad Aumentada puede ser utilizada para mejorar la cantidad de información presente en el entorno para el usuario,

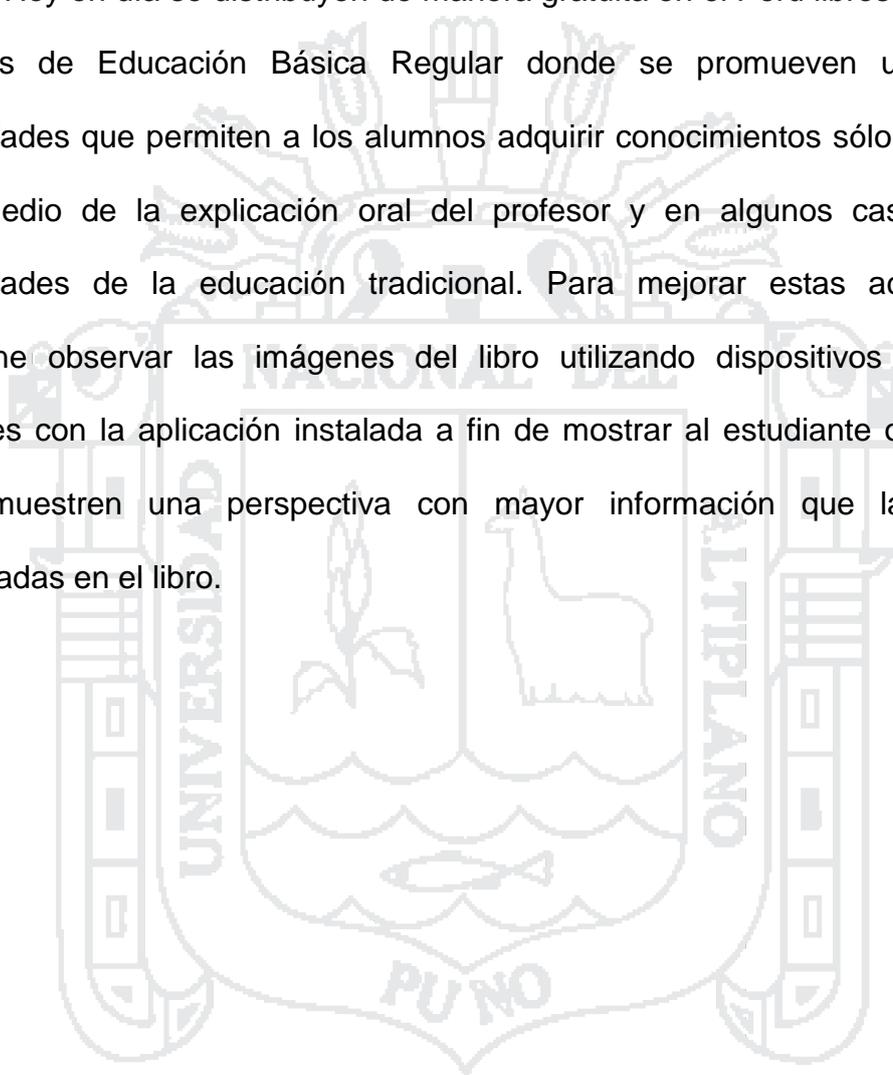
Además, el uso de la Realidad Aumentada puede permitir una interacción más rica y natural mostrando información que muchas veces los alumnos tienen que imaginar, esto se supera gracias a objetos representados en 3d que muestran información mayor detalle que los materiales tradicionales que se tiene en el aula.

Actualmente los dispositivos móviles cuentan con capacidades de procesamiento que hace posible utilizar la Realidad Aumentada, la masificación de estos dispositivos alienta a que este tipo de tecnologías puedan ser utilizadas en el aula.

También es importante saber que las metodologías para el desarrollo de aplicaciones móviles viene siendo estudiada para mejorar los tiempos de desarrollo y entregar productos de calidad, uno de ellos es la metodología Mobile-d que en base a una serie de iteraciones asegura un producto que cumpla con los requerimientos de los usuarios optimizando los tiempo para su implementación final.

Estos hechos llevan a pensar que sería posible utilizar esta tecnología, en un ambiente educacional para trabajar con conceptos abstractos, como por ejemplo Los animales, frutas entre otros

Hoy en día se distribuyen de manera gratuita en el Perú libros dentro de los centros de Educación Básica Regular donde se promueven una serie de actividades que permiten a los alumnos adquirir conocimientos sólo leyéndolos o por medio de la explicación oral del profesor y en algunos casos mediante actividades de la educación tradicional. Para mejorar estas actividades se propone observar las imágenes del libro utilizando dispositivos móviles que cuenten con la aplicación instalada a fin de mostrar al estudiante objetos en 3d que muestren una perspectiva con mayor información que las imágenes plasmadas en el libro.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La educación básica regular (EBR) mantiene la misma metodología de enseñanza tradicionales y no hace uso adecuado de las nuevas tecnologías existentes para motivar el aprendizaje de los estudiantes (Fernández, A. C. P. 2015), este problema influye en que el Perú se encuentre dentro de los últimos lugares en educación según el informe PISA (Flores, M. y Meneses, M. 2013), Esto se debe a que no se dispone de recursos didácticos para motivar la atención del estudiante en las asignaturas que se les imparte, todo ello se ve reflejado en un bajo nivel académico y difícil comprensión de la asignatura, esto a su vez no contribuye al fortalecimiento de conocimiento que el estudiante debe de completar a lo largo de su formación académica, por ello es necesario buscar nuevas formas de presentar contenido a los estudiantes por medio de la tecnología.

Se ha demostrado que el uso de la tecnología mejora los niveles de atención y motivación del estudiante, por ello el problema radica en la falta de recursos para el uso en las aulas (Sánchez, M. G. B., Moreno, A. R. M., & Torres, R. H. 2014).

Los docentes no tienen conocimiento de alternativas tecnológicas que puedan emplearse en sus sesiones de enseñanza por ello se busca que docentes y estudiantes tengan alternativas a los métodos tradicionales, como es el caso de la Realidad Aumentada y su uso en la Educación Básica Regular (EBR) (Moreno Martínez, N. M., & Leiva Olivencia, J. J. (2017).

Si bien la realidad aumentada empieza a tomar protagonismo su uso se limita con el empleo de patrones tradicionales los cuales deben de ser generados para poder visualizar el objeto en 3d, esto nos limita a que el contenido pueda estar presente solo en material educativo reciente y dejando desfasada a los materiales tradicionales, por ello es necesario poder emplear alternativas que suplan a los patrones tradicionales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible la implementación de realidad aumentada en libros educativos tradicionales para la enseñanza en Educación Básica Regular en el departamento de Puno?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La razón que motiva el presente estudio de implementar la Realidad Aumentada, como herramienta de apoyo en el ámbito educativo

es contribuir con nuevos medios para lograr motivar al estudiante durante las sesiones educativas, para ello se aprovecha el crecimiento en el mercado de los dispositivos móviles y el desarrollo de nuevas tecnologías como la Realidad Aumentada,

La masificación de dispositivos móviles denominados teléfonos inteligentes o smartphones con capacidades que aumentan rápidamente son suficientes para procesar información a tiempo real, este incremento nos motiva para realizar la investigación, actualmente el 90.1% de estos dispositivos en el Perú cuenta con sistema operativo android (Netdreams blog, 2015) y este porcentaje sigue en aumento.

La realidad aumentada es una tecnología que permite incorporar datos sobre un objeto del mundo real, esto no es posible con el uso de software educativo y aplicaciones desarrolladas para web, así también la interacción es más fluida.

Por ello se desea crear una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo android que muestre contenidos educativos con la tecnología de Realidad Aumentada, con ello se busca mostrar el contenido de manera más interactiva, en tiempo real y mostrando información visual a mayor detalle que los objetos de aprendizaje tradicionales con que cuentan actualmente las instituciones educativas.

El uso de la Realidad Aumentada como herramienta de apoyo en la educación, motiva al estudiante como a los docentes despertando en ellos las ganas de aprender, aumenta el interés, mejora el nivel de atención,

crea en los estudiantes un espíritu investigador y muchos otros factores que ayudan a la asimilación de información.

El presente trabajo contribuirá al estado del arte con una aplicación que sirva como base para ser replicado como herramienta de apoyo en el ámbito educativo y tecnológico pudiendo ser de interés para investigadores, educadores y estudiantes interesados en el tema.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Mejorar la visualización de contenido del estudiante en los libros educativos tradicionales de distribución gratuita en Educación Básica Regular.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar y elegir una plataforma de desarrollo para la visualización de contenido en libros educativos tradicionales.
- Diseñar un prototipo de realidad aumentada para la visualización de contenido en libros educativos tradicionales.
- Evaluar la satisfacción del usuario en el uso de la aplicación de Realidad aumentada en libros educativos tradicionales.

1.5. HIPÓTESIS

La implementación de una aplicación de realidad aumentada para libros educativos tradicionales mejorara la visualización de contenido del

estudiante en los libros educativos tradicionales de distribución gratuita en Educación Básica Regular.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La aplicación de realidad aumentada trabajara sobre dispositivos con sistema operativo android mayores iguales a la versión 2.3 (Gingerbread).

El reconocimiento de los patrones y punto de referencia para mostrar los objetos de realidad aumentada dependerá de su legibilidad.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- 2.1.1. “Realidad aumentada aplicada a objetos de aprendizaje para asignaturas de ingeniería informática” (Flórez, J. C. y Buriticá, M. F, 2013)

Conclusiones

La Realidad Aumentada aplicada a Objetos de Aprendizaje genera un aporte importante a la educación, debido a que se puede mostrar de una forma dinámica los tópicos de algunas asignaturas y esto puede ser aplicable en cualquier contexto.

El diseño de Realidad Aumentada aplicada a Objetos de Aprendizaje puede ser utilizado en el campo profesional como una herramienta de ayuda para el docente como para el estudiante, sirviéndole como herramienta de estudio.

El trabajo de campo realizado con las encuestas, mejoró el modelo diseñado inicialmente, además se destaca el interés en los docentes por la aplicación, comprobando que es un área poco experimentada como se planteó inicialmente en la investigación, convirtiéndose en un campo con gran potencial para aplicar tecnología, generando innovación y creación como apoyo a los estudiantes.

El aplicativo presentó una restricción debido a que Unity 3D solo funciona para algunos dispositivos móviles con sistema operativo Android.

2.1.2. “Evaluación de usabilidad en dos aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles con sistema operativo android” (Palomino Ruiz, I. I. y Wong Ortecho, G. V. 2013)

Conclusiones.

El presente proyecto desea realizar un aporte a la realidad aumentada, a través de las evaluaciones de usabilidad realizadas a distintos grupos de usuarios. De manera que a partir de estos resultados, se pueda determinar si es que las aplicaciones de realidad aumentada podrían generar mayor interés y atraer la atención de más usuarios, si es que contaran un mayor grado de usabilidad. De la misma manera, en el presente proyecto se desea proponer ciertos cambios en las aplicaciones evaluadas, con el fin de mejorar su usabilidad, tomando en consideración las sugerencias de los usuarios evaluados.

Es por esto que se realizarán propuestas de mejora para ambas aplicaciones, indicando los cambios realizados y de qué manera estos mejorarán el grado de usabilidad que poseen actualmente.

Por otro lado, el aporte que se desea realizar no sólo se centra en la mejora de estas dos aplicaciones evaluadas, sino que en general los cambios que se realizarán en las aplicaciones pueden contribuir con los desarrolladores como modelo para la mejora o creación de futuras aplicaciones de realidad aumentada.

Los resultados nos llevan a la conclusión de que para que estas aplicaciones puedan incrementar su aceptación y logren ser de uso cotidiano para las personas como lo son otras aplicaciones, es necesario realizar ciertos cambios que permitan solucionar los problemas de usabilidad. Se debe tener en cuenta también, que la usabilidad es un factor que interfiere en la aceptación de una aplicación, mas no es el único, aunque para este proyecto no se evaluarán los otros factores.

2.1.3. “Material didáctico multimedia basado en realidad aumentada en la asignatura de estudios sociales en educación general básica“ (Conza, V. Marisol, K. Torres, R. y Viviana, K. 2015)

Conclusiones.

La implementación del material didáctico multimedia como herramienta de aprendizaje basado en realidad aumentada,

contribuye al conocimiento de estudiantes en la asignatura de estudios sociales del Colegio de Bachillerato. La mejora de la ciencia y la tecnología dentro del ámbito de la Informática, ha incitado que en la actualidad se desarrollen varias aplicaciones en todos los ámbitos de la sociedad. La investigación se realizó utilizando la metodología descriptiva la misma que permite obtener los resultados de las encuestas aplicadas a los estudiantes y entrevistas a los docentes del colegio objeto de estudio. Desde luego los resultados obtenidos, muestran que el objetivo de la Realidad Aumentada en la educación es fundamental para la adquisición y desarrollo del aprendizaje por descubrimiento siendo un factor primordial. Actualmente debido a los cambios existentes a nivel mundial en la educación. El uso del material didáctico multimedia basado en Realidad Aumentada, beneficia al proceso de enseñanza-aprendizaje tanto a docentes como estudiantes, mejorando el desarrollo de sus conocimientos. Se ha impulsado la utilización de la aplicación tecnológica con la finalidad de obtener un mejor aprendizaje, contribuyendo a la transmisión de nuevos conocimientos con una metodología interactiva, integradora, diferenciada, regulada y activa a diferencia de los tradicionales medios de enseñanza.

2.1.4. “Realidad aumentada como herramienta de aprendizaje en niños de seis años del Colegio Jr. College” (Pumalema, L. y Israel, J. 2013).

Conclusiones.

Debido al avance tecnológico y el implemento en la educación de los mismos, la Realidad Aumentada está siendo una de las tecnologías más novedosas e interactivas, ganando rápidamente lugar en el ámbito educativo. Es por ello y gracias al consentimiento de directivos de la Unidad Educativa Jr. College, se permitió realizar una investigación con el fin de implementar una aplicación en Realidad Aumentada que sirva como herramienta de aprendizaje para niños de seis años. La realización de este proyecto requirió de instrumentos de trabajo así como también materiales, como por ejemplo una computadora, monitor, webcam, impresora, escáner, disco de almacenamiento alterno, algunos software diseño gráfico como por ejemplo software para la manipulación vectorial, manipulación de imágenes, animación en 2D y 3D con posibilidades de manejo de código mediante un lenguaje de programación específico, software libres utilizados para Realidad Aumentada como por ejemplo ARTisanDAEViewer, Marker Generator Online, así como también editores de texto, marcadores monocromáticos , librerías y plugins tales como OpenCollada, FLARToolKit. Obteniendo como resultado un cuento infantil con ilustraciones, cromática y escenarios, basados en una investigación previa y que vayan acorde al gusto del alumno, contando cada una de sus páginas con un

marcador el cual permite la visualización en tiempo real de uno o varios objetos en 3D animados, representativos de la escena. Logrando así al culminar la aplicación, una gran aceptación por parte de los niños. Obteniendo como resultado que el 70% de los alumnos estaban en la capacidad de narrar un pequeño resumen de todo el cuento y el 30% de los alumnos tan solo olvidaron ciertas frases del mismo. Cumpliendo así con las expectativas tanto del docente como directivos al aceptar y recomendar la implementación de nuevos materiales al servicio de la educación de esta noble institución en otras asignaturas, siendo el alumno el más beneficiado.

2.1.5. “Realidad aumentada para el aprendizaje de ciencias en niños de educación general básica”(Rodríguez Lomuscio, J. P. 2011).

Conclusiones

Durante este trabajo se diseñó, desarrolló y evaluó una aplicación basada en Realidad Aumentada para apoyar el proceso de aprendizaje del Sistema Solar en alumnos de tercer año de educación general básica. El trabajo involucró además una evaluación preliminar de usabilidad y una segunda evaluación de usabilidad con la que fue posible obtener datos estadísticos. Se realizaron análisis tanto cuantitativos como cualitativos de las evaluaciones realizadas.

El diseño de la aplicación fue primordial para lograr un software que es escalable y rápidamente extensible. El desarrollo de la aplicación mediante el uso de escenas, permitió desacoplar el

código y agregar rápidamente nuevas escenas o niveles al videojuego. El uso de este diseño fue primordial para el desarrollo exitoso de la aplicación.

Respecto de las evaluaciones realizadas, cada una de ellas arrojó una serie de datos que guiaron las modificaciones esenciales realizadas al videojuego desarrollado. Por una parte la evaluación del primer prototipo permitió identificar problemas directamente ligados al perfil de los usuarios finales.

También reveló que el principal problema asociado a la implementación de aplicaciones de Realidad Aumentada mediante el uso de marcadores, problemas de tracking, no representaba un problema fundamental para los usuarios al trabajar con la aplicación. Más importante aún, permitió identificar que los principales problemas de interacción se producían debido al diseño poco intuitivo de las fichas físicas usadas en el videojuego.

Se observó un rápido aprendizaje por parte de los alumnos respecto de cómo utilizar el videojuego y cómo lidiar con los problemas de tracking, inherentes a la tecnología usada.

Rápidamente se daban cuenta que no era necesario mantener todos los objetos virtuales visibles para poder trabajar.

Por su parte, la evaluación del segundo prototipo permitió identificar una mejora sustancial en la aplicación respecto de la primera evaluación, indicando que los cambios realizados después

de la primera usabilidad ayudaron positiva y efectivamente a la percepción de los usuarios respecto de su interacción con el videojuego. Los altos resultados obtenidos fueron un indicativo para mantener lo realizado y no continuar realizando cambios significativos al sistema.

Dados los buenos resultados obtenidos por ARSolarSystem, es posible deducir que es factible generar una aplicación basada en Realidad Aumentada que sea atractiva para niños de entre 8 y 9 años y que les permita trabajar sin agregar un nivel de dificultad adicional a su aprendizaje. Más aún, se puede afirmar que el uso de la Realidad Aumentada representa un elemento motivador para los alumnos, quienes encontraron el videojuego entretenido y afirmaron que volverían a trabajar con el software e incluso lo recomendarían a sus compañeros.

La tecnología por si misma fue capaz de capturar la atención de los alumnos durante el trabajo, sin embargo, no se debe descartar el efecto que tuvo el hecho de que la aplicación fuera presentada como un videojuego. Los videojuegos son una herramienta altamente motivacional.

Es posible que el efecto motivador de la Realidad Aumentada sólo haya sido producto de la novedad, ya que los usuarios nunca antes habían tenido contacto con esta tecnología, y puede que disminuya a medida que los usuarios se familiarizan con ella. El

presentar una aplicación como un videojuego introduce un factor motivador más duradero en el tiempo.

El trabajo en parejas con la aplicación funcionó adecuadamente. Los alumnos trabajaron colaborando entre ellos y no tuvieron problemas para intercambiarse las fichas. Se pudo observar que en cada pareja uno de los integrantes era más activo en el trabajo. El usuario dominante correspondía al alumno que mostraba tener más conocimientos del tema. Por lo general se pudo observar que este era el alumno de género femenino.

ARSolarSystem permite interactuar con contenidos abstractos mediante una interfaz tangible y natural para los usuarios. Permite el trabajo en grupo de forma sencilla y entrega representaciones fieles de los elementos con los que se trabaja. Contar con una herramienta capaz de reunir todos estos atributos es claramente una ventaja en el contexto educacional. Dentro de los actuales métodos de enseñanza del Sistema Solar no existe una herramienta computacional, multimedia o actividad educativa que permitan reunir todas estas características. Más aún, se pudo ver en las evaluaciones que los alumnos disfrutaban aprendiendo con ARSolarSystem.

Finalmente, es posible intuir que ARSolarSystem es una herramienta que puede tener un impacto en el proceso de aprendizaje del Sistema Solar. A partir de lo observado se puede afirmar que su aplicación es más provechosa si se realiza una vez

que se ha enseñado la materia a los alumnos, como método de repaso o reforzamiento de los conocimientos adquiridos. Sin embargo, es necesario realizar una evaluación cognitiva adecuada que permita establecer con seguridad esta afirmación.

2.1.6. “Posibilidades educativas de la Realidad Aumentada”(Cabero, J., & Barroso, J. 2016).

Conclusiones.

EL trabajo menciona que en los últimos tiempos han ido surgiendo un gran número de tecnologías emergentes que están adquiriendo un fuerte impulso y que una de estas tecnologías emergentes es la Realidad Aumentada (Augmented Reality) (RA), tecnología que tendrá un fuerte nivel de penetración en nuestros centros educativos y universidades a un horizonte de 3 a 5 años como ha sido puesto de manifiesto en diferentes informes.

El artículo presenta diferentes elementos que consideran esenciales para su incorporación a la enseñanza, haciendo hincapié en que su incorporación no tiene que presentar un problema tecnológico sino educativo y didáctico. Igualmente se incluyen algunos estudios que se han venido realizando en relación a la explotación didáctica de esta tecnología emergente, así como las potencialidades que nos ofrece.

2.1.7. “Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional”(De la Torre Cantero, J. y Cols 2015).

Conclusiones.

El artículo analiza la adopción de alternativas digitales a modelos físicos mediante las tecnologías de realidad aumentada y las tabletas multitáctiles. El objetivo es ofrecer un entorno de aprendizaje ubicuo para estimular la comprensión del espacio tridimensional.

Para ello se realizaron tres pruebas piloto durante el curso académico 2011-2012, en las que participaron 62 estudiantes de tres ámbitos educativos diferentes de la isla de Tenerife: Grado en Bellas Artes de la Universidad de La Laguna, estudiantes de educación secundaria del IES La Laboral y un grupo de profesores de secundaria de las asignaturas de Arte y Tecnología. El estudio se ha realizado con seis modelos físicos de aluminio pintado.

Se ha dispuesto de la versión digital de seis modelos en Realidad Aumentada y en tableta multitáctil. Se ha realizado una valoración global y una valoración específica sobre las tecnologías utilizadas. De los resultados de este estudio se obtiene que ambas tecnologías son alternativas válidas para la sustitución de los modelos físicos en entornos digitales.

2.1.8. “Evaluación de objetos de aprendizaje en realidad aumentada: estudio piloto en el grado de Medicina“(Barroso Osuna, J., & Cabero Almenara, J. 2016).

Conclusiones.

El artículo gira en torno a la utilización educativa de contenidos en Realidad Aumentada en contextos de formación universitaria, tecnología que es considerada emergente y que tendrá un fuerte nivel de penetración en centros educativos y universidades a un cercano horizonte. Con el objeto de analizar las percepciones que los alumnos mostraban respecto a la calidad técnica y estética, y su facilidad de utilización, de objetos producidos para los estudiantes del Grado de Medicina que cursaban la asignatura de «Anatomía Humana I», impartida en el primer curso de dicho Grado, se realizó un estudio piloto donde los estudiantes interaccionaron con los mismos y finalmente tenían que evaluarlos, para ello se creó y fiabilizó un instrumento específico. Los resultados encontrados muestran diferentes aspectos que van desde las percepciones significativas que los objetos producidos han despertado en los estudiantes, su facilidad de uso y su posibilidad de integrarse en la enseñanza. Los resultados encontrados coinciden en los alcanzados en otros trabajos.

2.1.9. “Experiencias formativas de uso didáctico de la realidad aumentada con alumnado del grado de educación primaria en la universidad de Málaga“(Martínez, N. M. M., y Olivencia, J. J. L. 2016).

Conclusiones.

El estudio describe experiencias innovadoras universitarias orientadas hacia la formación en el uso didáctico de la realidad aumentada de dos grupos de estudiantes del Grado de Educación Primaria de la Universidad de Málaga. Dichas experiencias se han desarrollado con 105 estudiantes a través de seminarios formativos de dos horas en las asignaturas de Didáctica General y Didáctica de las Ciencias Sociales durante el curso académico 2015-2016. Los objetivos de dicho estudio estaban orientados hacia el conocimiento de herramientas de realidad aumentada para dispositivos móviles y ordenadores, el desarrollo de actitudes positivas ante esta tecnología y la adquisición de competencias de uso de estos recursos desde un punto de vista didáctico para su implementación con un carácter prospectivo en las instituciones educativas en las que ejercerán su labor docente. Y tras los resultados obtenidos, se constata que en general los futuros maestros encuestados consideran la tecnología basada en la realidad aumentada como un recurso reforzador, amplificador y enriquecedor para crear nuevos formatos de escenarios de aprendizaje adaptados a las características y demandas del alumnado diverso desde una perspectiva inclusiva.

2.1.10. “Aplicación Móvil de Realidad Aumentada para la Enseñanza de la Clasificación de los Seres Vivos a Niños de Tercer Grado”(Villanueva, C. A. S. y Cols. 2015).

Conclusiones.

El artículo menciona que las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) ha tenido un gran auge en los últimos años y es debido a este auge que se han ido introduciendo en el aula de clase con resultados prometedores. Por esta razón es indispensable crear herramientas innovadoras que fortalezcan los procesos de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, además de motivarlos a usar este tipo de herramientas tanto dentro como fuera del aula. El artículo tiene como objetivo presentar la problemática existente en la enseñanza de las ciencias naturales, específicamente en el tema de la clasificación de los seres vivos para los niños de tercer grado, así como la solución propuesta a partir de las TIC.

2.1.11. “Realidad aumentada en prácticas educativas de índole social”(Díaz, F. J., Harari, V., y Harari, I. 2016).

Conclusiones.

El artículo presenta la articulación realizada entre el proyecto de extensión El Barrio va a la Universidad e Interfaces Adaptadas para Dispositivos Móviles (IADM), asignatura de 5to. año de la Facultad de Informática, cuyo objetivo fue realizar en una jornada, actividades pedagógicas sobre Realidad Aumentada (RA),

destinadas a más de cien niños y jóvenes de barrios carenciados de la ciudad de La Plata y alrededores.

Las actividades, que fueron desde la explicación del concepto, la observación de videos sobre los alcances de la Realidad Aumentada, la experimentación con juegos y aplicaciones sobre el tema, se le sumó la muestra de trabajos de RA realizados por los estudiantes de IADM.

Estos trabajos de cátedra fueron probados y utilizados por los niños y jóvenes visitantes, quienes pudieron observar asombrados, las posibilidades que brinda la educación en cuanto a la formación y a las capacidades que se adquieren.

Fue una experiencia educativa de intervención, innovación y articulación, muy enriquecedora tanto para los invitados, a quienes se le presenta la Universidad como un lugar propio cuya formación les permitirá un crecimiento individual y colectivo, como para los estudiantes de la Facultad, brindándole una formación integral que complemente las prácticas académicas con actividades de responsabilidad social.

2.2. BASE TEÓRICA

2.2.1. REALIDAD AUMENTADA.

Un sistema de Realidad Aumentada es aquel que complementa el mundo real mediante el uso de elementos virtuales

generados por computador que parecen coexistir en el mismo espacio que los elementos reales (Azuma, R y cols. 2001).

Podemos definir la realidad aumentada como un punto entre la realidad y la Realidad Virtual. En la Realidad Virtual el usuario se ve completamente inmerso en el mundo virtual, perdiendo toda noción del mundo real alrededor de él. En la Realidad Aumentada el usuario ve el mundo real con elementos virtuales superpuestos o combinados con el mundo real que le rodea. La Realidad Virtual reemplaza completamente el mundo real por uno virtual, la Realidad Aumentada, en cambio, lo complementa.



Figura 1: Variación de Ambiente Real al Virtualidad

Fuente: (Milgram, P. y Kishino, F. 1994)

Para comprender mejor la relación entre el mundo real, Realidad Aumentada y Realidad Virtual, se presenta la Figura 1. En el extremo izquierdo de la Figura 1 está el entorno real, es decir, el mundo real en el que vivimos, mientras en el lado derecho está el entorno virtual, la Realidad Virtual, en el que no sólo lo que vemos puede ser reemplazado sino también las leyes que gobiernan al mundo real, como la gravedad el tiempo, etc. Entre estos dos

extremos tenemos lo que se denomina Realidad Mixta, en la cual los elementos reales y virtuales son presentados de forma conjunta en el mismo dispositivo de visualización. Un caso particular de la Realidad Mixta es la Realidad Aumentada, en la cual se agregan elementos virtuales al mundo real complementándolo. A la derecha de la Realidad Aumentada podemos ver la Virtualidad Aumentada, en la cual se cuenta con un entorno completamente virtual sobre el que se posicionan elementos reales, un ejemplo de esto es el programa del tiempo, en que todo lo que se ve en pantalla es generado por un computador sobre un fondo verde y sobre este entorno virtual se posiciona la persona.

Si bien esta tecnología existe hace ya algunas décadas, sólo hace algunos pocos años que la Realidad Aumentada se ha vuelto accesible para las personas en general, gracias a los avances en procesamiento realizados en computadores de escritorio, notebooks e incluso equipos móviles, al igual que en otras tecnologías. En la actualidad las aplicaciones de Realidad Aumentada están tan a la mano como cualquier otra aplicación de PC o Smartphone (Johnson, L., Smith, R., Levine, A., Stone, S. 2010).

La Realidad Aumentada es una tecnología que entrega una nueva forma de interacción entre el usuario y el computador mediante el uso de elementos tangibles y permite un trabajo en grupo cara a cara en que todos los participantes pueden trabajar sin la necesidad de estar compartiendo un teclado o un mouse (Billinghurst, M., Kato, H., Kiyokawa, K., Belcher, D., & Poupyrev, I.

2002). Esto supone una ventaja en el trabajo con respecto a otras tecnologías que utilizan representaciones en 3D en el computador.

Se define un sistema de Realidad Aumentada como aquel que cumple con las siguientes 3 características:

- Combina elementos reales y virtuales en el mundo real
- Es interactivo en tiempo real
- Registra y posiciona los elementos virtuales considerando la tridimensionalidad del mundo real.

La Figura 2 muestra un ejemplo de Realidad Aumentada en que un modelo 3D puede ser visto sobre un libro utilizando un marcador tradicional.

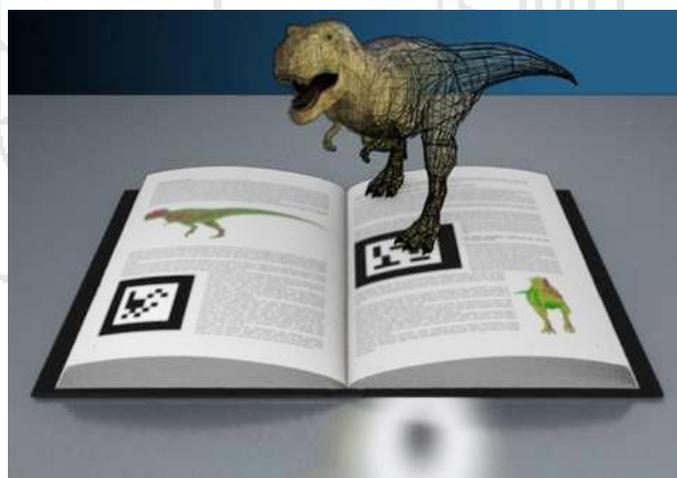


Figura 2: Ejemplo de realidad aumentada.

Fuente: (Alba Pinto, I. 2015).

2.2.2. REALIDAD AUMENTADA EN LA EDUCACIÓN

El Informe Horizon 2014 ubica a la Realidad Aumentada como una de las 2 tecnologías emergentes que probablemente tendrán un uso generalizado en campus universitarios en un horizonte de implantación de tres a cinco años (Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., y Freeman, A. 2014).

En la actualidad existen algunas aplicaciones de Realidad Aumentada que han sido utilizadas para la enseñanza de contenidos. En general, los contenidos que se han abordado utilizando esta tecnología son aquellos en que el alumno requiere ser capaz de manejar un alto nivel de abstracción para comprenderlos. Al permitir interactuar con distintos elementos, la Realidad Aumentada permite que los alumnos sean capaces de percibir y controlar objetos que de otra forma sería imposible. Por otro lado, al no eliminar el contexto del mundo real, esta tecnología permite que esto sea realizado sin perder la comunicación y colaboración que pueden ser necesarios en distintos contextos educativos.

La Realidad Aumentada se representa como una potente herramienta que ha mostrado su versatilidad en una amplia gama de aplicaciones en diferentes áreas de conocimiento. Una de ellas ha sido el campo educativo, donde se ha encontrado grandes posibilidades para el conocimiento y expansión de contenidos que se

presenta de una forma atractiva y pedagógica al mismo tiempo (Torres, D. R. 2011).

En la educación, la Realidad Aumentada constituye una plataforma tecnológica especialmente eficaz en todo lo relacionado con la forma en que los estudiantes perciben la realidad física, puesto que permite desglosarla en sus distintas dimensiones, con objeto de facilitar la captación de sus diversas particularidades, en ocasiones imperceptibles para los sentidos. Así, con la Realidad Aumentada es factible generar modelos que simplifican la complejidad multidimensional del mundo circundante, lo que, desde una perspectiva académica, aporta completitud a cualquier experiencia de aprendizaje (Pedro Carracedo, J. y Méndez, C. L. M. 2012).

Una característica clave de la Realidad Aumentada es su capacidad para responder a las entradas del usuario. Esta interactividad le confiere un gran potencial para el aprendizaje y la evaluación natural. La Realidad Aumentada es activa, no una tecnología pasiva, los estudiantes la pueden utilizar para la construcción de nuevas formas de comprensión sobre la base de las interacciones con los objetos virtuales que son subyacentes a los datos a la vida real (Abdumushli, M. 2012).

2.2.3. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS MÓVILES

Para desarrollar la aplicación es necesario saber cuál es la realidad de los usuarios quienes interactuaran con la aplicación final,

por ello se analiza la realidad actual de los dispositivos móviles en el mercado así como su accesibilidad, los datos se muestran en la Figura 3 donde podemos observar que el sistema operativo que predomina es android, la accesibilidad es buena pues es un sistema operativo libre.



Figura 3: Porcentaje de smartphones ingresados al Perú.

Fuente: (Netdreams blog 2015)

Más del 90% de los dispositivos móviles en el Perú durante el 2015 utilizan el sistema operativo Android, con lo que se consolida como el sistema operativo de preferencia. iOS ocupa el segundo lugar llegando al 6% del total de smartphones que han ingresado al Perú, Windows Phone alcanza el 3.6%. Entre los que figuran en otros consideramos a Blackberry, Firefox OS entre ambos ocupan el 0.3% del total de equipos.

2.2.4. ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA APLICACIÓN

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

2.2.4.1. Requerimientos Funcionales

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

- Reconocimiento de marcas: Para este requerimiento lo que se desea es que la aplicación reconozca las marcas por medio de la utilización de la cámara del dispositivo móvil, así como el entorno en el cual se encuentran esta marcas para que pueda ser procesado.
- Visualización de imágenes en 3D: En este requerimiento lo que se desea es que la aplicación muestre el objeto 3D en la pantalla sobre la marca reconocida en tiempo real.
- Visualización de una galería de imágenes: En este requerimiento lo que se desea es que la aplicación cuente con una galería de imágenes las cuales están

previamente almacenadas, y que el usuario pueda verlas como información adicional al sitio turístico que está asociado la aplicación.

2.3. FRAMEWORKS DE REALIDAD AUMENTADA

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

2.3.1. ARLAB

Es una compañía que desarrolla herramientas para la creación de aplicaciones con Realidad Aumentada. Sus herramientas brindan soporte para geolocalización, reconocimiento de imágenes, reconocimiento de marcadores, imágenes 3D, seguimiento de imágenes, seguimiento de 36 objetos, botones virtuales, reconocimiento facial y seguimiento facial. Todos sus productos están orientados a iOS y Android;

y requieren de pago (Rodríguez Calderón, R. y Santillana Arbesú, R. 2013).



Figura 4: ARlab.

Fuente: (Arlab.com. 2011).

2.3.2. ARToolkit

Son un conjunto de librerías desarrollado por la empresa ARTOOLWORKS para el desarrollo de aplicaciones para Realidad Aumentada, para sistemas Operativos iOS y Android. En los dos casos permite la creación de aplicaciones nativas en Objective-C y C/C++ respectivamente. Estas librerías están bajo la licencia GPLv2 y licencias pagadas (Kato, H. 2002).

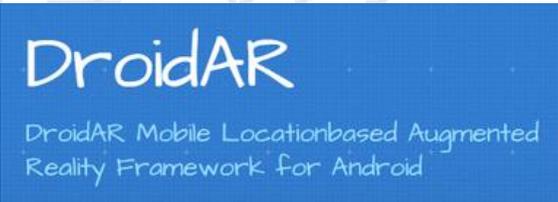


Figura 5: ARToolkit.

Fuente: (Artoolkit.org. 2006).

2.3.3. DroidAR

Es un framework para desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada en Android. Está publicado como código abierto bajo la licencia GPLv3, permite aplicaciones basadas con marcadores y por geolocalización (DroidAR by bitstars. 2006).



DroidAR

DroidAR Mobile Locationbased Augmented Reality Framework for Android

Figura 6: DroidAR.

Fuente: (DroidAR by bitstars. 2006).

2.3.4. Layar

Permite crear aplicaciones con Realidad Aumentada para dispositivos móviles, basado en web services. Tiene soporte para reconocimiento de imágenes y geolocalización (Augmented Reality | Interactive Print | Layar. 2012).



Figura 7: Layar.

Fuente: (Augmented Reality | Interactive Print | Layar. 2012).

2.3.5. Metaio

Conjunto de SDK orientados a distintos sectores. Ofrece un SDK para desarrollar aplicaciones orientadas a iOS y Android. Así como productos orientados al desarrollo de aplicaciones para Marketing, Ingeniería, Diseño Web, entre otros. El SDK para aplicaciones móviles da soporte para Realidad Aumentada basada en marcadores, geolocalización y reconocimiento de formas. Todos sus productos tienen un alto precio (Serrano Mamolar, A. N. A. 2012).



Figura 8: Metaio Mobile.

Fuente: (Metaio | Home. 2006)

2.3.6. NyARToolkit

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

NyARToolkit project

Figura 9: NyARToolkit.

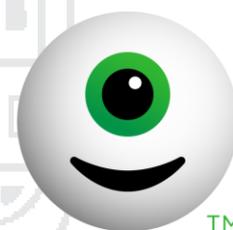
Fuente: (Lizuka, R. 2008).

2.3.7. Vuforia

SDK desarrollado por la empresa Qualcomm para desarrollar aplicaciones con Realidad Aumentada. Tiene un SDK para Android y otro para iOS, tiene soporte para Realidad Aumentada basada en marcadores y reconocimiento de imágenes; además de funcionalidades como botones virtuales, distintos tipos de marcadores, imágenes 3D, entre otros. La programación es en lenguaje nativo (Fernando, M. 2013).

vuforia

by **Qualcomm**



TM

Figura 10: Vuforia - Qualcomm.

Fuente: (Vuforia Developer Portal. 2012).

2.4. HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA

2.4.1. VUFORIA

Vuforia es un SDK que permite construir aplicaciones basadas en la Realidad Aumentada; la aplicación desarrollada con Vuforia utiliza la pantalla del dispositivo como un "lente mágico" en donde se entrelazan elementos del mundo real con elementos virtuales (como letras, imágenes, etc.). La cámara muestra a través de la pantalla del dispositivo, vistas del mundo real, combinados con objetos virtuales como: modelos, bloque de textos, imágenes, etc.

Una aplicación desarrollada con Vuforia ofrece la siguiente experiencia:

- Reconocimiento de Texto.
- Reconocimiento de Imágenes.
- Rastreo robusto. (el Target fijado no se perderá tan fácilmente incluso cuando el dispositivo se mueva).
- Detección Rápida de los Targets.
- Detección y rastreo simultáneo de Targets.

2.4.1.1. Arquitectura de Vuforia

Una aplicación desarrollada con Vuforia está compuesta de los siguientes elementos:

- **Cámara:** La cámara asegura que la imagen sea captada y procesada por el Tracker.
- **Base de datos:** La base de datos del dispositivo es creada utilizando el Target Manage; ya sea la base de datos local o la base de datos en la nube, almacena una colección de Targets para ser reconocidos por el Tracker.
- **Target:** Son utilizadas por el rastreador (Tracker) para reconocer un objeto del mundo real; los Targets pueden ser de diferentes tipos; entre los principales tenemos:
 - a. **Image Targets:** Imágenes; tales como: fotos, páginas de revistas, cubierta de libros, poster, tarjetas, etc.
 - b. **Word Targets:** Elementos textuales que representen palabras simples o compuestas: Libros, revistas, etc. Hay dos modos de reconocimiento posible: la palabra entera o por caracteres.
- **Tracker:** Analiza la imagen de la cámara y detecta objetos del mundo real a través de los frame de la

cámara con el fin de encontrar coincidencias en la base de datos.

La Arquitectura de Vuforia la podemos ver en detalle en la Figura 11 presentada a continuación:

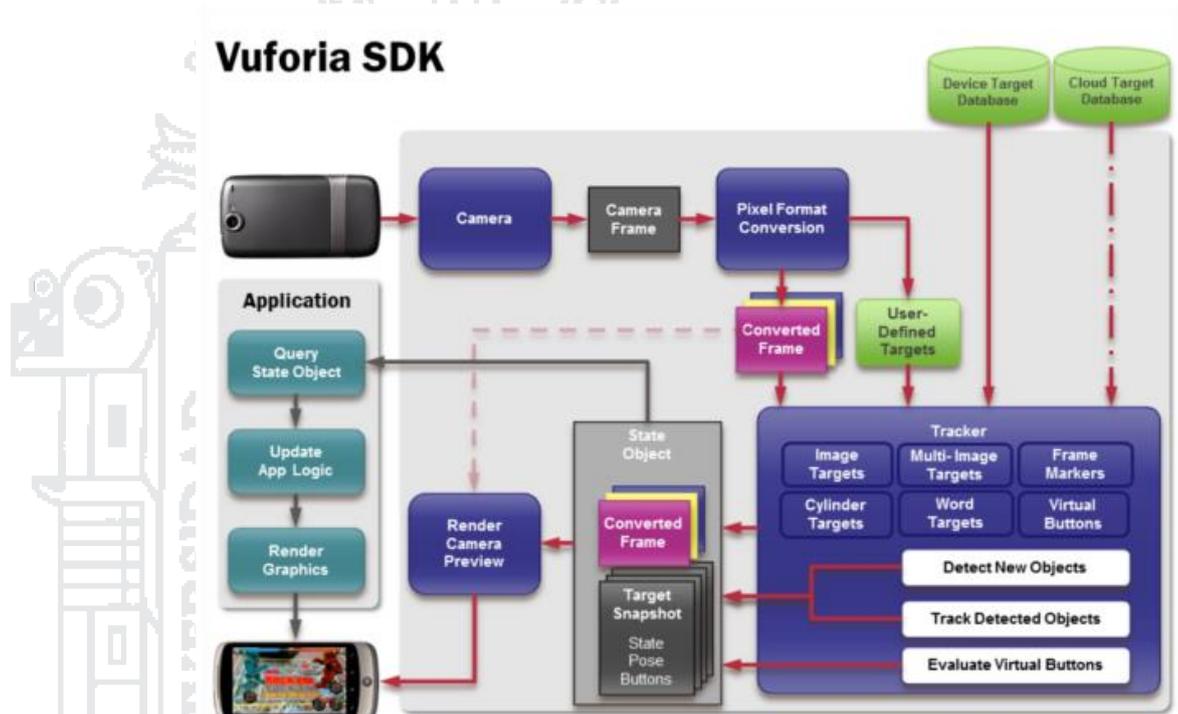


Figura 11: Arquitectura de vuforia

Fuente: (Iñarrea Sagüés, C. 2012)

El dispositivo capta una escena (un video en vivo) tomada a través de la cámara.

La SDK de Vuforia crea un frame (una imagen particular dentro de una sucesión de imágenes) de la escena capturada y convierte la imagen capturada por la cámara, a una diferente resolución para ser correctamente tratada por el Tracker.

Vuforia SDK analiza la imagen a través del Tracker y busca coincidencias en la base de datos, la cual esta compuesta por Targets.

Luego la aplicación renderiza algún contenido virtual (imágenes, videos, modelos, etc.) en la pantalla del dispositivo, y así crear una realidad mixta con elementos virtuales combinados con los elementos reales, lo que se conoce como Realidad Aumentada.

2.4.2. SKETCHUP

SketchUp (o Trimble SketchUp) es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones (3D) basado en caras. Para entornos de arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, diseño escénico, GIS, videojuegos o películas. Es un programa desarrollado por @Last Software, empresa adquirida por Google en 2006 y finalmente vendida a Trimble en 2012

SketchUp permite exportar tus construcciones a distintos formatos gráficos como JPG, BMP, TIFF, PNG para el renderizado 2D y 3DS, DEM, DDF, DWG, DXF, SKP para objetos y escenas 3D. También permite renderizar escenas de vídeo en movimiento a MOV y AVI. Se trata de una herramienta multipropósito tanto para diseño industrial como arquitectura o decoración. Además, la aplicación está pensada para que puedas subir tus

modelos a Google Earth y así compartirlos con el resto de usuarios de este programa.

Su principal característica es la de poder realizar diseños en 3D de forma extremadamente sencilla. El programa incluye entre sus recursos un tutorial en vídeo para ir aprendiendo paso a paso cómo se puede ir diseñando y modelando el propio ambiente. Permite conceptualizar y modelar imágenes en 3D de edificios, coches, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante, además el programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar

2.4.3. UNITY

Unity 3D es un motor gráfico desarrollado por Unity Technologies desde 2001 con el objetivo de permitir a todo el mundo crear atractivos entornos 3D. En los últimos años ha ganado varios premios, entre ellos el “Wall Street Journal Technology Innovation Award”, y se encuentra entre las 5 mejores compañías de juegos de 2009 según Gamasutra junto a Apple, Epic Games, Valve y Zynga. Entre sus clientes podemos encontrar a Bigpoint, Cartoon Network, Coca-Cola, Disney y Electronic Arts por poner algunos ejemplos.

Unity3D permite desarrollar software para un amplio número de plataformas, de modo que es sumamente atractivo para un amplio rango de desarrolladores de videojuegos, desde grandes compañías que pretendan desarrollar un AAA, hasta pequeños equipos indie o estudiantes.

2.4.3.1. Características del motor Unity

Unity posee una versión gratuita y una versión de pago, Unity y Unity Pro respectivamente, la versión gratuita es principalmente de aprendizaje o para el desarrollo de juegos pequeños.

A nivel gráfico permite trabajar con numerosas características, destacando entre ellas el uso de “deferred lightning”, iluminación global, efectos de post-procesado como bloom, light flare, vignetting, rayos de luz “dios”, profundidad de campo y corrección de color. Soporta sombras en tiempo real, un amplio uso de shaders. Implementa también el software Umbra para ocultar todo lo que no es visible para el usuario (clipping), reduciendo así la cantidad de objetos a renderizar.

Unity también nos ofrece la posibilidad de crear escenarios abiertos totalmente editables y manipulables. Este se basa en pinceles de vegetación, así como en un creador de árboles y vegetación configurable.

Para la programación de la lógica del juego (scripting) tenemos a nuestra disposición un amplio abanico de posibilidades: Javascript, C# y un dialecto de Python llamado Boo. Además de permitir esta flexibilidad a la hora de elegir nuestro lenguaje, Unity se integra con la plataforma Mono, permitiéndonos usar todo su potencial.

Unity cuenta con posibilidades de red para nuestros juegos: sincronización de estados, llamadas a procedimientos remotos, comunicación en tiempo real, conectividad con sistemas como ODBC, integración web, etc.

Unity permite trabajar para distintas plataformas con una sola herramienta. Abstrae la mayoría de diferencias entre las plataformas, pudiendo especializar el código fuente cuándo se necesite un control más preciso. También permite especificar la compresión de texturas y la resolución para cada plataforma que soporte el juego, estas características se pueden observar en las Figura 12 y Figura 13 donde se observan las plataformas a las que se puede exportar y las opciones de configuración avanzadas.

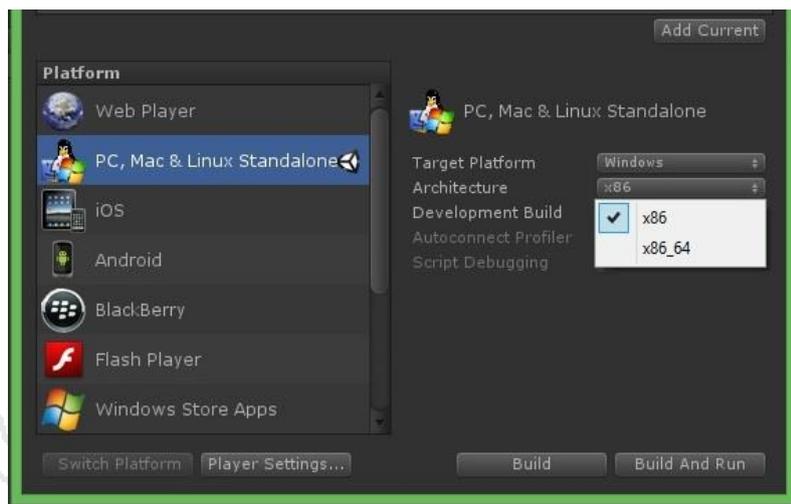


Figura 12: Plataformas de exportación de unity

Fuente: (Unity Game Engine. 2010).

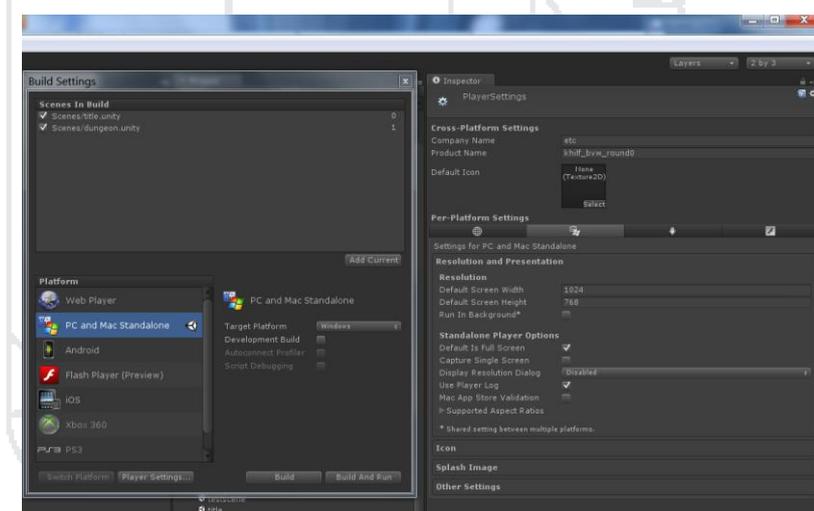


Figura 13: Opciones de configuración para exportación de unity

Fuente: (Unity Game Engine. 2010).

Las plataformas disponibles a las que puede exportar actualmente Unity son:

- Pc, Mac y Linux: Unity es capaz de exportar los proyectos para los diferentes sistemas operativos para computadoras de escritorio tanto en distribuciones de

32 y 64 bits, los juegos generados aprovechan las capacidades de los ordenadores al utilizar las tarjetas gráficas integradas o separadas dando una buena estabilidad.

- Web: Al exportar un proyecto para la web se genera un juego de calidad AAA el cual puede ser usado en un navegador. Unity es el líder en contenido online de gama alta. Soporta JavaWebStart por lo que los usuarios pueden jugar sin autorización del administrador. Se integra en todos los navegadores y se puede usar para hardware y drivers comunes.
- iOS: Miles de juegos en Unity para iPhone, iPod Touch y iPad han sido publicados en la App Store. Unity permite usar un juego en estos dispositivos para hacer tests mientras lo estás creando. Se pueden usar las herramientas y APIs de iOS. Para poder usarlo necesitas ser un desarrollador de Apple acreditado e instalar el iOS SDK.
- Android: Unity Android tiene una versión gratuita para el desarrollo de productos y ya tiene muchos juegos publicados. Es fácil pasar un juego ya hecho en Unity para otra plataforma a Android. La versión Pro es un complemento de la licencia para Unity Pro, en la

actualidad cuenta con múltiples complementos y recursos que son utilizables de manera gratuita.

- Xbox y PlayStation: Para los juegos en estas plataformas se pueden utilizar todas las características online que las definen, Xbox Live o PlayStation Network, Listas de amigos, logros, trofeos, contenido descargable y multijugador online. Para los controles se pueden utilizar los básicos o los nuevos Microsoft Kinect y Sony Move.

2.4.4. OBJETOS EN 3D

Los objetos 3D son una colección de puntos en el espacio dentro de un espacio tridimensional, conectados por varias entidades geométricas tales como triángulos, líneas, superficies curvas, etc. Siendo una colección de datos (puntos y otro tipo de información), los modelos 3D pueden ser hechos a mano, a través de algoritmos o bien escaneados.

Los modelos 3D son ampliamente usados, su uso pre-data al uso de gráficos 3D en ordenadores. Algunos videojuegos usan imágenes pre-renderizadas de modelos 3D como sprites antes de que los ordenadores pudieran renderizarlas en tiempo real.

Hoy en día, los modelos 3D son usados en una amplia variedad de campos. La industria médica usa modelos detallados de órganos; esto puede ser creado con múltiples partes de imágenes 2-D de un MRI o escáner CT. La industria del cine lo usa como personajes y objetos para la animación. La industria de los videojuegos los utiliza como recurso para videojuegos. El sector científico los utiliza como modelos altamente detallados de componentes químicos. La industria de la arquitectura los utiliza para demostrar las propuestas de edificios y panoramas a través de Software Architectural Models. La comunidad ingeniera lo utiliza para diseños de nuevos artefactos, vehículos y estructuras. En décadas recientes la comunidad de las ciencias de la tierra ha empezado a construir modelos geológicos 3D como una práctica estándar. Los modelos 3D también pueden ser la base para los aparatos físicos que son construidos con impresoras 3D o CNC machines.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA

En su trabajo Blanco, P. y sus colegas afirman por medio de una investigación rigurosa que el Modelo Mobile-D es ideal para el desarrollo de aplicaciones con android y IOS, al ser una metodología ágil se optimizan los tiempos para su desarrollo sin sacrificar la calidad del mismo (Blanco, P., Camarero, J., Fumero, A., Warterski, A., & Rodríguez, P. 2009)

El modelo Mobile-D (Abrahamsson, P., Hanhineva, A., Hulkko, H., Ihme, T., Jääliñoja, J., Korkala, M., & Salo, O. 2004) propuesto por Pekka Abrahamsson en Finlandia afirma que es una corriente muy importante de desarrollo ágil (Abrahamsson, P. 2007).

La metodología pretende conseguir ciclos de desarrollo muy rápidos en equipos muy pequeños, está basada en metodologías conocidas como: extreme programming, Crystal Methodologies y Rational Unified Process.

Se compone de cinco fases: exploración, inicialización, producción, estabilización y pruebas. Cada una tiene un día de planificación y otro de entrega.

- Exploración: En esta fase nos centramos en la planificación y a los conceptos básicos del proyecto. Definimos el alcance del proyecto.
- Iniciación: En esta fase identificamos y preparamos los recursos necesarios se dedica un día a la planificación y el resto al trabajo y publicación.
- Producción: en esta fase se repiten interactivamente las sub fases. Se usa el desarrollo dirigido por pruebas (Test-driven development - TDD), antes de iniciar el desarrollo de una funcionalidad debe existir una prueba que verifique su funcionamiento.
- Estabilización: En esta fase se realizan las acciones de integración para enganchar los posibles módulos separados en una única aplicación.
- Pruebas: Culminado las anteriores fases se realiza el testeado hasta llegar a una versión estable según lo establecido en las primeras fases. Se reparan los errores, pero no se desarrolla nada nuevo.

Se pueden identificar las principales etapas de la metodología a continuación:

3.1.1. Exploración

3.1.1.1. Establecimiento de los involucrados

El propósito de esta etapa es identificar y establecer los grupos de interesados que se necesitan en la fase de Exploración, así como en las actividades de apoyo durante el desarrollo, excluyendo el propio equipo de desarrollo de software. Se necesita una amplia experiencia y cooperación para planificar una implementación controlada y efectiva del producto final.

3.1.1.2. Delimitación del proyecto

El propósito de esta etapa es definir los objetivos para el proyecto incipiente tanto en cuanto al contenido como al cronograma.

3.1.1.3. Establecimiento del proyecto

El propósito de esta etapa es definir y asignar los recursos necesarios para el proyecto de desarrollo. También el establecimiento del proceso de línea de base es una tarea importante de esta etapa. La fase de Establecimiento del Proyecto es para asegurarse de que el equipo del proyecto puede iniciar el desarrollo de software real sin demoras.

3.1.2. Inicialización

3.1.2.1. Preparación de requisitos

El propósito de esta etapa es establecer los recursos físicos y técnicos para el proyecto, así como el ambiente para el monitoreo del proyecto, capacitar al equipo del proyecto según sea necesario, y establecer el proyecto de maneras específicas de comunicarse con el grupo de clientes.

3.1.2.2. Planeación

El propósito de la etapa de planificación inicial es obtener una buena comprensión general del producto que se va a desarrollar, preparar y refinar los planes para las próximas fases del proyecto y preparar planes para verificar y resolver todos los problemas críticos de desarrollo para el final de la fase actual.

3.1.2.3. Día de trabajo

El propósito de esta etapa es probar y configurar aún más el entorno de desarrollo técnico y asegurarse de que todo esté listo para implementar el producto de desarrollo de software. Además, el propósito es implementar alguna funcionalidad básica del sistema o resolver algún problema de desarrollo crítico sin producir ningún código de trabajo. También es posible

realizar más investigaciones tecnológicas en esta etapa. Si el desarrollo decide implementar alguna funcionalidad en este punto, no tiene por qué ser la funcionalidad de mayor prioridad definida por el cliente, sino que ha sido seleccionada en función de su importancia relativa.

3.1.3. Producción

3.1.3.1. Planeación

El propósito de esta etapa es seleccionar y planificar los contenidos de trabajo para la iteración. Al participar activamente en las actividades de planificación, el cliente garantiza que se identifican los requisitos que proporcionan la mayor parte del valor y que se entienden correctamente esos requisitos.

3.1.3.2. Desarrollo

El propósito de esta etapa es implementar la funcionalidad del producto durante el día de planificación. El equipo de desarrollo se centra en la funcionalidad de máxima prioridad definida por el cliente. Los días de trabajo se utilizan en las fases de Producción, Estabilización y Prueba y Fijación del Sistema. Una iteración puede contener 1-n días

laborables. Días de trabajo forman los días reales de desarrollo de la iteración.

3.1.3.3. Lanzamiento

El propósito en esta etapa es hacer una liberación de funcionamiento del sistema en pleno desarrollo.

3.1.4. Estabilización

3.1.4.1. Planeación

El propósito en el día de planeación es seleccionar y planificar los contenidos de trabajo para la iteración.

Al participar activamente en las actividades de planeación, el cliente garantiza que se identifican los requisitos que proporcionan la mayor parte del valor comercial y que se entienden correctamente esos requisitos.

3.1.4.2. Desarrollo

El propósito de esta etapa es implementar la funcionalidad del sistema planeada durante el día de planeación. El equipo de desarrollo se centra en la funcionalidad de máxima prioridad definida por el cliente. Los Días de Trabajo se utilizan en las fases de Producción, Estabilización y Prueba y Fijación del Sistema. Una iteración puede contener 1-n días

laborables. Días de trabajo forman los días reales de desarrollo de la iteración.

3.1.4.3. Documentación

El propósito de esta tarea es producir documentación.

El software sin documentación es un desastre. El código fuente no es el medio ideal para comunicar la lógica, la estructura y las interfaces de un sistema. Se producirá documentación para las partes interesadas del proyecto y no para el equipo ágil.

3.1.4.4. Lanzamiento

El propósito en esta etapa es hacer una liberación de funcionamiento del sistema en desarrollo.

3.1.5. Pruebas

3.1.5.1. Pruebas

El objetivo de esta tarea es encontrar defectos en el software producido después de la fase de implementación del proyecto. El procedimiento de testeado de sistema provee información de defectos para la última iteración de fijación del proceso Mobile-D.

3.1.5.2. Planificación

El propósito en el día de planificación es seleccionar y planificar los contenidos de trabajo para la iteración. Al participar activamente en las actividades de planificación, el cliente garantiza que se identifican los requisitos que proporcionan la mayor parte del valor comercial y que se entienden correctamente esos requisitos.

3.1.5.3. Corrección de errores

El propósito de esta etapa es implementar la funcionalidad del sistema planeada durante el día de planificación. El equipo de desarrollo se centra en la corrección de errores. Los días de trabajo se utilizan en las fases de Producción, Estabilización y Prueba y Fijación del Sistema. Una iteración puede contener 1-n días laborables. Días de trabajo forman los días reales de desarrollo de la iteración.

3.1.5.4. Lanzamiento

El propósito en esta etapa es hacer una liberación de funcionamiento del sistema en desarrollo.

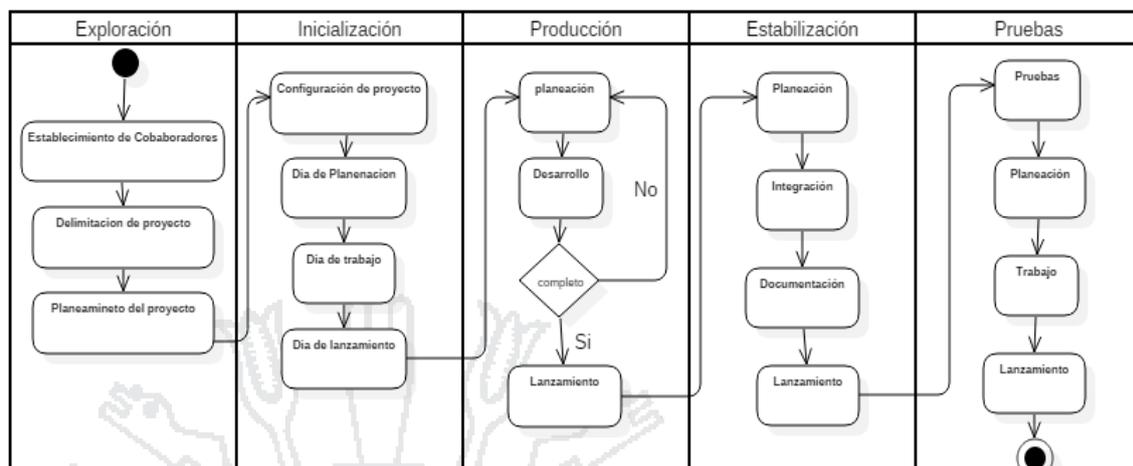


Figura 14: Diagrama de actividades Mobile-D.

Fuente: Elaboración propia.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

Para el desarrollo de la aplicación empleamos la metodología Mobile-D y cada una de sus fases para poder tener un prototipo funcional que cumpla con los requerimientos de los usuarios en un tiempo corto, al emplear la metodología se pretende realizar la aplicación sin sacrificar la calidad del mismo, esto muchas veces no se logra empleando metodologías ágiles.

A continuación se describe a grandes rasgos los puntos que fueron empleados en cada fase de la metodología.

4.1.1. Exploración

Dentro de este primer punto se establece los requerimientos generales para el proyecto y se planifica las acciones a realizarse durante el proceso de ejecución, es importante también tener en

cuenta cuales son las delimitaciones y tener claro quiénes son los involucrados que interactuaran con la aplicación final.

4.1.1.1. Establecimiento de los involucrados

Los usuarios que utilizan la aplicación son los personas vinculadas al sector de educación pública, específicamente quienes tienen interacción directa son docentes y estudiantes de educación básica regular, para ello se define a cada uno de ellos como actores.

Profesor: Encargado de proporcionar la aplicación a los estudiantes para que puedan utilizarla durante la sesión de clase, también se encarga de resolver dudas que presenten los estudiantes al momento de emplear la aplicación.

Estudiante: Usuario que utiliza la aplicación enfocando la cámara integrada en el dispositivo móvil en los libros que distribuye el ministerio de educación en las instituciones de educación básica regular.

4.1.1.2. Delimitación del proyecto

Al ser una gran cantidad de temas que se tocan en educación básica regular, se realizara un prototipo sobre un tema presente en el libro de distribución gratuita “Aprendemos jugando”, para ello se generara contenido sobre las imágenes presentes en el capítulo seleccionando.

La tesis se realizara dentro del Instituto Educativo Inicial

192 de la ciudad de puno durante el año 2016 y las pruebas se realizaran con ayuda de las docentes que laboran en el centro educativo.

4.1.1.3. Planeamiento del proyecto

Se entrevistara a los docentes sobre los capítulos que identifiquen como importantes para poder realizar el prototipo funcional de la aplicación, también se recogerá información del contenido que debe estar presente dentro de la aplicación así como los materiales a ser usados, es importante conocer cuáles son los contenidos educativos que deben estar presentes así como las características específicas de cada una de estas.

4.1.2. Inicialización

4.1.2.1. Preparación de requisitos

Los requisitos que se requieren para la construcción de la aplicación de realidad aumentada se detallan a continuación:

- Contar con objetos en 3d los más reales posibles.
- El tamaño de los objetos debe de ser proporcional al de la imagen en el libro.
- Se debe poder observar desde todos los ángulos el objeto al manipular la aplicación.

- El tiempo de respuesta de la aplicación debe de ser rápido.
- La aplicación debe de cambiar los objetos al voltear las páginas del libro.
- Los objetos no deben sobreponerse uno encima del otro creando solapamiento.

4.1.2.2. Análisis de requisitos

- Los requerimientos son contemplados dentro de las funciones que posee vufovia, también es posible trabajar los objetos que se incluirán dentro de la aplicación con sketchup.
- El tiempo de respuesta debe ser tomado en cuenta pues es un punto muy importante para una buena experiencia de usuario, por ello es necesario optimizar los objetos con los que se trabajen a fin de no consumir recursos innecesarios.
- El tamaño de los objetos debe ser definido basado en tamaño de imagen que se presente en el libro, también se debe tener en cuenta que la manipulación de los objetos debe ser fluida durante el movimiento del dispositivo móvil.

4.1.3. Producción

4.1.3.1. Planeación

Para la puesta en producción se debe de almacenar las imágenes que sean necesarias del libro para que sirvan de patrón al momento de escanear el libro con la cámara del dispositivo móvil, así también se debe buscar las contrapartes en 3d que cumplan con los requerimientos que establecen los usuarios

4.1.3.2. Desarrollo

Para el desarrollo se tomó como base las imágenes que contiene el libro, las imágenes fueron escaneadas, así también se recopiló los objetos en 3d que sobreponen a cada imagen, en la Figura 15 se puede observar las imágenes escaneadas para su utilización y en la Figura 16 se observa las imágenes 3d que acompañan a cada imagen del libro.

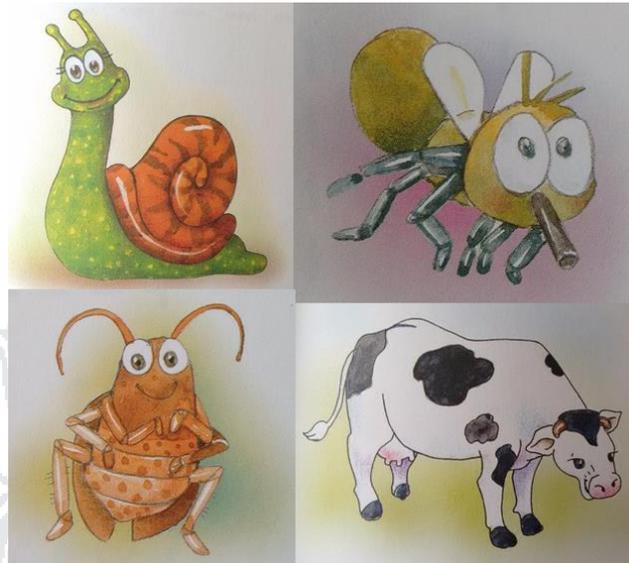


Figura 15: Imágenes capturadas de libro.

Fuente: Libro aprendemos jugando

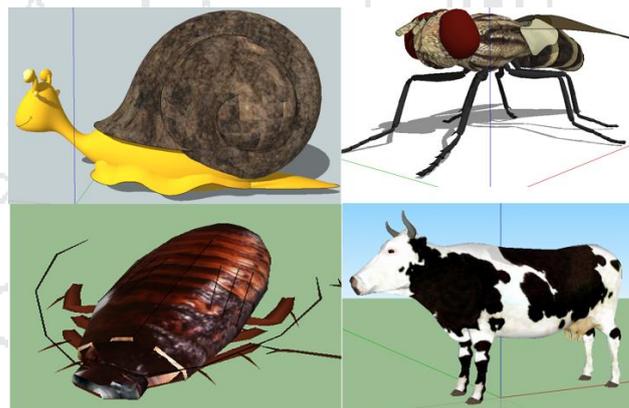


Figura 16: Animales en 3d

Fuente: 3dwarehouse

Las imágenes que se trabajan son convertidas en matrices con el fin de poder sacar puntos clave que puedan servir de marcador al momento de enfocar la cámara sobre la página del libro que se escaneara con el dispositivo móvil, esto se puede observar en la Figura 17. Los objetos en 3d son alineados a cada imagen a fin de

poder tener un tamaño proporcional a la imagen que se presenta en el libro.

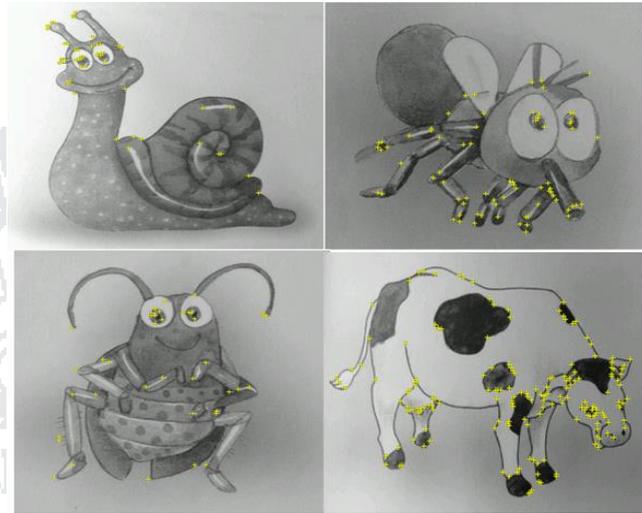


Figura 17: Imágenes con puntos clave

Fuente: 3dwarehouse

El siguiente paso es la creación de un prototipo que cumpla con las especificaciones de los usuarios.

4.1.4. Estabilización

4.1.4.1. Planeación

Se verifica que los requerimientos establecidos por los usuarios estén presentes en el prototipo funcional, para ello se desarrollan pruebas a fin de poder identificar errores.

La primera a prueba que se realiza es verificar que los objetos que se muestran correspondan a las imágenes presentes en el libro.

La segunda prueba es verificar la rapidez con la que se enfoca la imagen para mostrar el objeto en 3d al pasar la cámara del dispositivo móvil sobre el libro.

La tercera prueba a realizarse es el solapamiento de información al mostrar varios objetos en 3d sobre una hoja del libro.

Cuarta prueba a realizar es el tamaño de los objetos en relación con su contraparte en imagen, estos deben de ser proporcionales a los mismos.

Quinto prueba a realizar es el desplazamiento de objetos al cambiar las páginas del libro, debiendo ser estas rápidas y mostrando la nueva información de las imágenes presentes en la nueva página.

4.1.4.2. Desarrollo

Al realizar las pruebas se detectaron diferentes problemas al momento del enfoque de imagen, también se pudo observar que los puntos de clave de las imágenes no fueron los suficientes, por ello se procedió a mejorar la captura de imágenes basado en fotografías en vez del escaneado, al realizar la mejora de las imágenes se aumentó el número de puntos clave que la cámara detecta al momento de hacer el escaneo con la cámara. Esto se observa en la Figura 18.



Figura 18: Prototipo de la aplicación

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la estimación del aumento en el número de puntos clave se observa que hay una mejora del 30% en relación con las imágenes obtenidas por medio del escaneo.

4.1.4.3. Documentación

Se genera un documento donde se especifica la información que se recopila a fin de no repetir errores al desarrollar nuevas versiones o nuevos prototipos.

4.1.5. Pruebas

4.1.5.1. Pruebas

Se realizó las pruebas en conjunto con los docentes de la institución educativa N° 192 de la ciudad de Puno a fin de poder determinar la eficacia de la aplicación y los errores que pudieron ser obviados,

Primeramente se presentó la aplicación a cada docente indicándoles que debía usarse con el libro “Aprendemos jugando” con el tema de animales, y se procedió a realizar pruebas basadas en observación.

Seguidamente se les indico que la aplicación pueda ser utilizada con un grupo de alumnos para poder determinar si la mejora la atención de ellos al utilizar el libro.

Posteriormente se realizó una prueba de usabilidad basado en un test a los docentes a fin de poder recopilar información del uso de la aplicación y saber si mejora o no la interacción del niño con el libro.

4.1.5.2. Corrección de errores

Los errores encontrados fueron mínimos y su corrección se realizó a medida que fueron identificados en un tiempo mínimo.

4.2. EVALUACIÓN DE USABILIDAD

Para evaluar la usabilidad de la aplicación de realidad aumentada, se aplicó una evaluación que se realizó con un grupo de profesoras y tuvo como objetivo recolectar información sobre el trabajo de los alumnos con la aplicación así detectar los principales problemas de interacción que podían ocurrir, se aplicó un cuestionario de satisfacción para conocer la impresión de los usuarios respecto de la aplicación de realidad aumentada.

4.2.1. Participantes

La evaluación fue realizada a las docentes de la Institución Educativa Inicial 192 de la ciudad de Puno de educación básica regular que cuentan con experiencia en la enseñanza de los contenidos presentes en los libro que distribuye el estado peruano.

Para la evaluación se contó con 6 usuarios expertos. Los usuarios nunca antes habían usado, visto o recibido comentarios de la aplicación y sólo uno de ellos afirmó haber escuchado sobre las aplicaciones de Realidad Aumentada con anterioridad.

El número de usuarios es adecuado para aplicar la metodología planteada para la evaluación de usabilidad ya que, según explica (Nielsen, J. y Landauer, T. K. 1993), 5 usuarios expertos pueden detectar el 85% de los errores de usabilidad de la interfaz de un software.

4.2.2. Métodos e Instrumentos

4.2.2.1. Observación

Este método consiste en observar a un usuario interactuar con la aplicación que se desea evaluar en su ambiente de trabajo natural. Esto es de suma importancia para la usabilidad, ya que permite determinar información sobre el contexto real de uso de la aplicación (Diaper, D. 2004).

Por otro lado, observar la forma en que los usuarios realizan ciertas tareas la observación se realiza sin interferir el trabajo del usuario.

Se identificaron los siguientes puntos como claves para la interacción:

- Las condiciones de luz afectan claramente la velocidad de detección de la imagen.
- N° de veces que el usuario tapa accidentalmente la cámara de dispositivo móvil
- N° de veces que la aplicación falla en detectar una imagen.
- N° de veces que el usuario sale de la aplicación por accidente.

4.2.2.2. Cuestionario

Una gran cantidad de aspectos de la usabilidad de un sistema pueden ser estudiados simplemente preguntándoles a los usuarios. Con ello se busca medir la satisfacción subjetiva del usuario, sus impresiones y ansiedades acerca de la interfaz. Una forma de consultar a los usuarios sobre estos aspectos son los cuestionarios (Nielsen, J. 1994).

El cuestionario es una herramienta que debe ser construida de forma adecuada y debe ser validado. Usualmente se utilizan cuestionarios para realizar evaluaciones de interfaces. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta herramienta provee una evaluación subjetiva de las interfaces, la cual puede verse influenciada por el tipo de preguntas realizadas y la forma en que están formuladas (Chignell, M. H. 1990). Existen una serie de cuestionarios que han sido validados y se encuentran disponibles para evaluar la satisfacción de los usuarios respecto a interfaces de software.

Los cuestionarios más notables y utilizados son:

- SUS (System Usability Scale) el cual consiste en 10 preguntas y fue desarrollado por Digital Equipment Corp.
- QUIS (Questionnaire for User Interface Satisfaction) es un ejemplo de un cuestionario más extensor, fue desarrollado en la University of Maryland y consta de 27 preguntas.
- CSUQ (Computer System Usability Questionnaire) el cual fue desarrollado por IBM y consta de 19 preguntas.

Estos 3 cuestionarios fueron comprados por Tullis y Stetson (Tullis, T. S., & Stetson, J. N. 2004).

La evaluación de usabilidad se realizó a los usuarios expertos. Para esto se empleó y adaptó el QUIS (Questionnaire for User Interface Satisfaction). Las adaptaciones en el cuestionario fueron realizadas basados en investigaciones previas presentadas en los antecedentes. Los cambios realizados se presentan a continuación.

Se agregaron tres sentencias para la evaluación de los modelos 3D que se presentan en el videojuego. Las sentencias agregadas fueron:

- Me gustan los modelos 3D del software
- Los modelos 3D del software son claramente identificables
- Los modelos 3D del software me transmiten información

Finalmente se agregaron tres preguntas abiertas a las ya existentes

- ¿Entendiste cómo se utiliza?
- ¿Qué dificultades encontraste?

- ¿Qué te pareció utilizar esta tecnología?

Estas preguntas tienen como fin ver la impresión de los usuarios respecto al uso de la Realidad Aumentada.

La encuesta completa se encuentra en el Anexo 1.

4.2.2.3. Tareas

Para evaluar todos los aspectos posibles de la aplicación se definió de antemano las tareas que debían realizar los usuarios durante la evaluación.

Se definieron dos tareas, las primeras dos comunes en ambas evaluaciones mientras que la tercera sólo se realizó en la segunda evaluación de usabilidad, en concreto, se midieron 3 labores,

- Identificar
- Manipular

En la primera, los usuarios debían identificar los objetos mostrados y en el prototipo, para realizar esta tarea los usuarios debieron utilizar la cámara del dispositivo móvil y sobreponerla a la imagen del libro. La Figura 19 muestra a una docente de la institución observando los objetos generados.

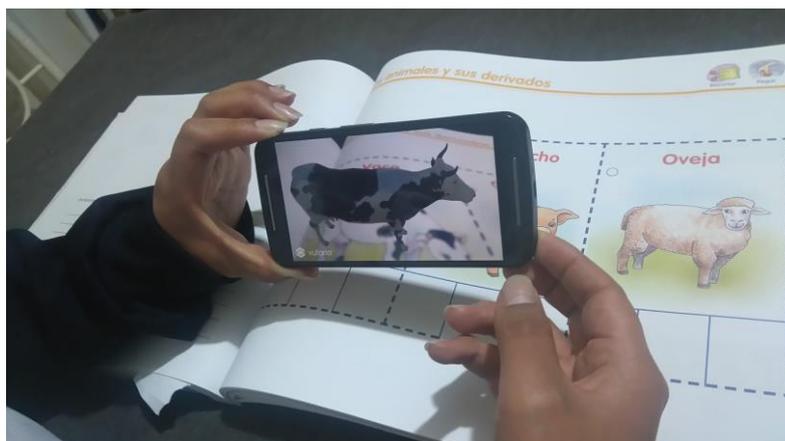


Figura 19: Usuario identificando objetos en 3d.

Fuente: Elaboración propia

La segunda tarea consistió en evaluar la manipulación del dispositivo frente a las imágenes del libro. La tarea consistía manipular la aplicación, posteriormente los usuarios respondieron las preguntas del cuestionario. En la Figura 20 se muestra a una docente realizando la segunda tarea.



Figura 20: Usuario manipulando dispositivo móvil

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Contexto

En la evaluación de usabilidad se trabajó en la Institución Educativa Inicial 192 de la ciudad de Puno – Perú, donde participaron docentes de los niveles de 4 y 5 años. Para la prueba fue necesario tener un ambiente controlado que no contara con demasiado ruido ni distracciones para los usuarios y un nivel de luminosidad adecuada para mejorar el funcionamiento de la aplicación, por ello fue necesario realizar la evaluación una vez los estudiantes abandonaran las instalaciones de la Institución. Se trabajó sobre una mesa con espacio suficiente para interactuar con los libros y dispositivos móviles.

Los dispositivos utilizados para la prueba fueron de gama media alta pues al realizar el prototipo funcional y sus correspondientes pruebas se pudo observar que los dispositivos de gama baja tenían diversos problemas al momento de cargar la aplicación llegando a colgarse en algunos casos, a continuación se brinda las especificaciones técnicas de los equipos que se utilizaron:

Dispositivo 1: Motorola g (Segunda Generación)

- **Pantalla:** 720 x 1280 pixels, 5.0 pulgadas.
- **Procesador:** Qualcomm MSM8226 Snapdragon 400 quad-core 1.2 GHz
- **Procesador gráfico:** Adreno 305

- **Memoria ram:** 1 Gb
- **Sistema Operativo:** Android 6.0 marshmallow
- **Cámara:** 8 MP

Dispositivo 2: Lg K10 LTE

- **Pantalla:** 720 x 1280 pixels, 5.3 pulgadas.
- **Procesador:** 1.3GHz octa-core
- **Procesador gráfico:** Adreno 306
- **Memoria ram:** 2 Gb
- **Sistema Operativo:** Android 6.0 marshmallow
- **Cámara:** 13 MP

Dispositivo 3: Sony Aqua m4

- **Pantalla:** 720 x 1280 pixels, 5.0 pulgadas.
- **Procesador:** Qualcomm MSM8939 Snapdragon 615 octa-core 64 bits (4 x 1.5GHz + 4 x 1GHz)
- **Procesador gráfico:** Adreno 405
- **Memoria ram:** 2 Gb
- **Sistema Operativo:** Android 6.0 marshmallow
- **Cámara:** 13 MP

La Figura 21 muestra los dispositivos empleados para la prueba.



Figura 21: Dispositivos móviles utilizados

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Procedimiento

Se coordinó con las docentes la institución educativa inicial 192 de la ciudad de Puno – Perú para realizar las pruebas necesarias una vez se tuviera el prototipo final listo, para ello se acordó realizar la prueba fuera del horario de clases para tener un ambiente controlado. Los usuarios se sentaron cada uno en una mesa que tenía suficiente espacio para manipular los dispositivos móviles y el libro de distribución gratuita.

Se les indicó que abrieran los libro en el capítulo de animales y que ingresaran a la aplicación, primero se dejó que las docentes trataran de encontrar sin ayuda la aplicación por medio del nombre y/o su icono, al ver que una parte tenía dificultades para encontrarla se les indico el nombre de la aplicación y el icono que deberían buscar.

Posteriormente se indicó que la aplicación iniciaría automáticamente la cámara del dispositivo y que ellas deberían interactuar con el libro apuntando la cámara hacia las páginas a medida que los objetos aparecían sobre las imágenes del libro esto produjo en todos los casos un grado de asombro en los usuarios. Se les preguntó si reconocían los objetos, también se les pidió que trataran de ver el objeto por todos los ángulos.

En la primera evaluación uno de los facilitadores les dio instrucciones sobre cómo comenzar, mientras que en la segunda evaluación todas las instrucciones fueron entregadas a través del software.

Se anotó la hora de inicio de la tarea y se pidió a los usuarios que comenzaran con el trabajo. El tiempo de trabajo de cada evaluación fue dado por el tiempo que demoraron los usuarios en terminar las tareas indicadas y no se limitó de forma alguna.

Para evaluar la primera tarea se le pidió que indicaran si los objetos presentes correspondían a las imágenes que se muestran en el libro y si era lo que ellas esperaban ver, se obtuvo como respuesta un contundente sí por parte de todos los usuarios.

Para evaluar la segunda tarea se preguntó si habían podido observar los objetos desde diferentes ángulos y si tenían alguna dificultad al moverse por las páginas del libro, las respuestas fueron diversas 3 docentes indican que no tenían problemas y 2 indican que ocasionalmente los objetos desaparecen y vuelven a aparecer.

Posteriormente se aplican los cuestionarios a los usuarios individualmente. Las respuestas son anotadas para poder tener un registro detallado.

Para la obtención de los resultados se revisaron las anotaciones independientes y se generó un consolidado.

4.3. RESULTADOS COMPARATIVOS PARA ELECCIÓN DE PLATAFORMA DE DESARROLLO.

Con el fin de conseguir un resultado óptimo que pueda cumplir con los requerimientos establecidos por los usuarios se estudió cuáles eran las principales plataformas de desarrollo existentes en el mercado Arlab, ARToolkit, DroidAR, Layar, Metaio, NyArtoolkit y Vuforia. En cada una de ellas se analizó las características que deberían estar presentes para el desarrollo del proyecto. Analizando los siguientes puntos:

- Reconocimiento de marcas
- Reconocimiento de múltiples marcas
- Geolocalización

- Reconocimiento de formas
- Reconocimiento de imágenes en 3d
- Animaciones
- Funcionamiento en android

- Funcionamiento en IOS
- Cantidad de documentación
- Precio de la plataforma
- Año de lanzamiento

En el Cuadro 1 podemos observar la los puntos clave que deben estar presentes en la plataforma de desarrollo

	Arlab	ARToolkit	DroidAR	Layar	Metaio	NyArtoolkit	Vuforia
Reconocimiento de marcas	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Múltiples marcas	SI	SI	SI	X	SI	SI	SI
Geolocalización	SI	X	SI	SI	SI	X	SI
Reconocimiento de formas	SI	X	X	SI	SI	X	SI
Imágenes en 3d	SI	SI	SI	X	X	SI	SI
Animaciones	SI	SI	X	SI	SI	SI	SI
Android	SI	X	SI	SI	SI	SI	SI
IOS	SI	SI	X	SI	SI	X	SI
Documentación	Medio	Medio	Medio	Alta	Medio	Medio	Alta
Precio	Por producto	Libre	Libre	Por producto	por producto	Libre	Libre
Año de lanzamiento	2012	2010	2011	2009	2005	2008	2012

Tabla 1: Actualización de tabla de comparativa de (Palomino Ruiz, I. I., & Wong Ortecho, G. V. 2013)

Fuente: Elaboracion Propia

Cada punto presente en la Tabla 1 fue corroborado mediante la búsqueda de información presente en internet, visitando las páginas web y estudiando sus características.

En resumen se puede observar con más claridad el cumplimiento de punto clave en la Figura 22 que muestra claramente que Vuforia es la plataforma que cumple con los requerimientos para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada.

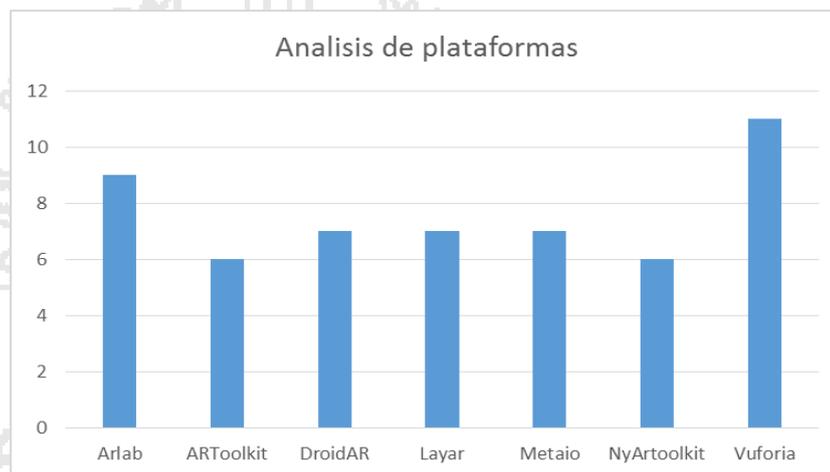


Figura 22: Análisis de puntos relevantes para el proyecto

Fuente: Elaboracion Propia.

Vuforia cumple con el 100% de los requerimientos necesarios para la realización del proyecto, Arlab cumple con el 82% de os requerimientos siendo sus puntos débiles la documentación que es menor a la de vuforia y su costo que tiene el sdk de desarrollo ya que vuforia es gratuita, en la Tabla 2 podemos observar los porcentajes que alcanza cada una de las plataformas.

Arlab	ARToolkit	DroidAR	Layar	Metaio	NyArtoolkit	Vuforia
82%	55%	64%	64%	64%	55%	100%

Tabla 2: Porcentaje de cumplimiento de requerimientos de las plataformas

Fuente: Elaboracion Propia.

Así también nos enfocamos en realizar la aplicación para el sistema operativo Android por su crecimiento en el mercado peruano y su incremento en la accesibilidad para los usuarios finales, Netdreams Perú indica que en la primera mitad del 2015 el 90.1% de los smartphones ingresados al Perú cuentan con sistema operativo android seguido por iOS con un 6%, en la Figura 23 se puede observar la distribución de sistemas operativos en el Perú para smartphones.

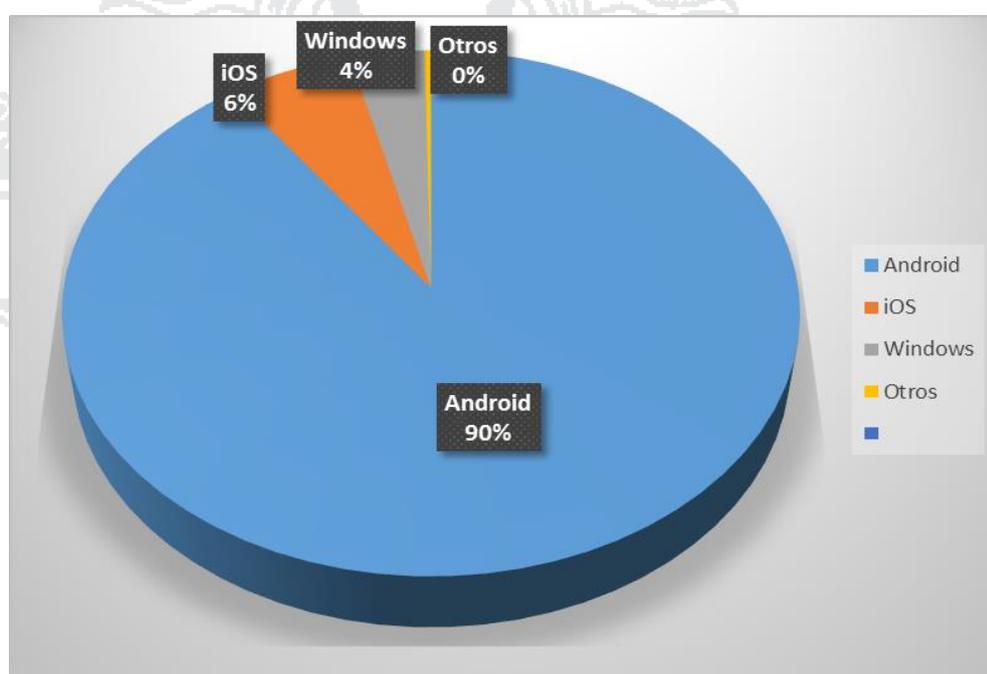


Figura 23: Distribución de sistemas operativos para smartphones.

Fuente: Elaboracion Propia.

En la Figura 24 se observa la distribución de sistemas operativos en Tablets para la primera mitad del 2015, donde también predomina el sistema operativo android con un 94% de los equipos ingresados al Perú.

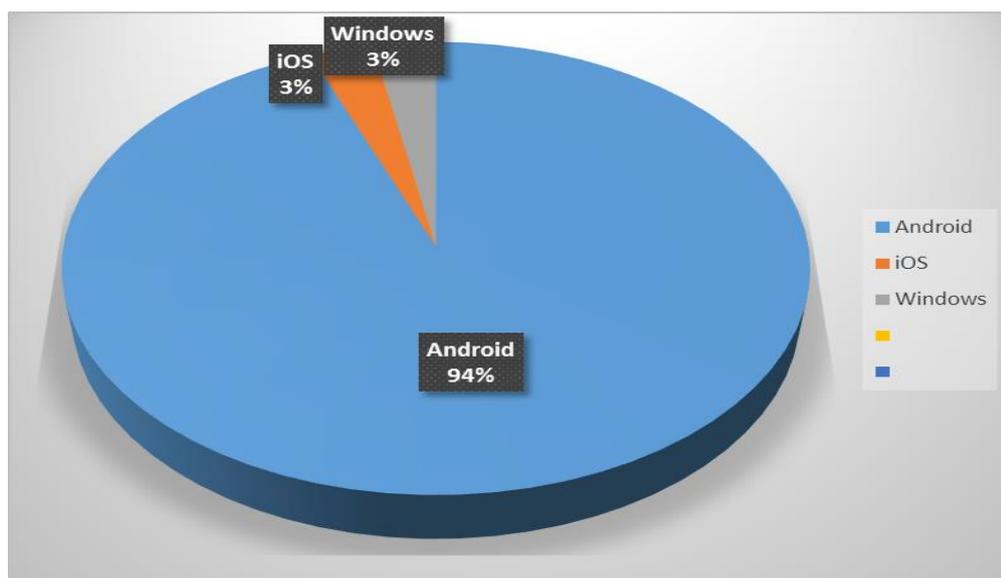


Figura 24: Distribución de sistemas operativos para tablets.

Fuente: Elaboracion Propia.

4.4. RESULTADOS DEL DISEÑO DE PROTOTIPO DE REALIDAD AUMENTADA.

Para la realización del prototipo se empleó la metodología ágil Mobile-D que en base a una planificación rápida y pruebas busca tener un producto funcional en un tiempo corto sin sacrificar calidad, para ello los puntos críticos son importantes como la planeación, delimitación del proyecto, recopilación de información y pruebas con los usuarios.

En la creación del prototipo funcional se realizaron los siguientes pasos:

4.4.1. Creación en Vuforia

Para iniciar, tendremos que ir la página de desarrollador de Vuforia crear una cuenta.

Una vez se inicie sesión, se puede ingresar a la sección de "Develop". Para utilizar Vuforia con Unity, tendremos que hacer dos cosas:

4.4.1.1. Crear una clave de licencia para nuestra aplicación

Una clave de licencia es un identificador único que se requiere para crear una aplicación que utiliza Vuforia. Para crear una clave de licencia, hay que dirigirse a "Develop >> Licence Manager" y seleccione "Add License Key". Nos Aparecerá una página como ésta:

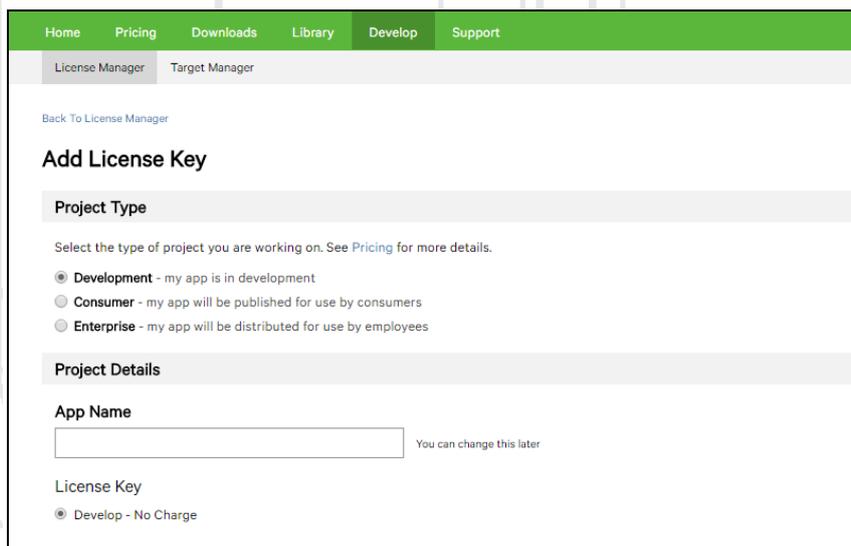


Figura 25: Creación de licencia en vuforia.

Fuente: Elaboracion Propia

Una vez Colocado un nombre, podemos seleccionar "Next" y luego "Confirm". Esto nos va a dirigir de nuevo a la página "License Manager" en la que aparecerá el nombre de la aplicación.

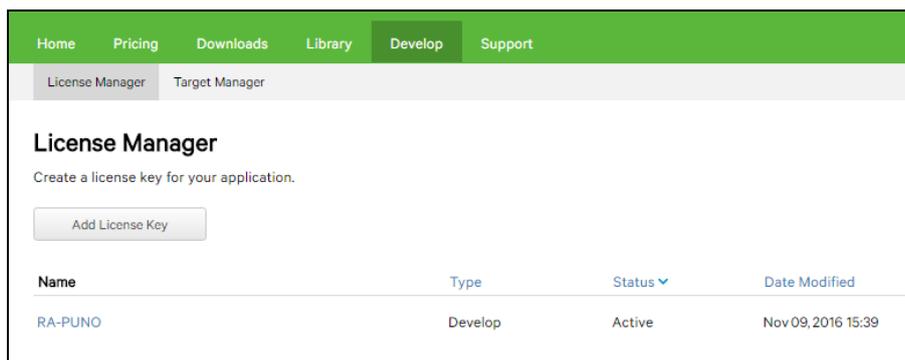


Figura 26: Administrador de licencias - vuforia.

Fuente: Elaboracion Propia

Una vez seleccionamos "RA-PUNO", obtendremos la clave de licencia. Esta clave se usará más adelante para identificar la aplicación.

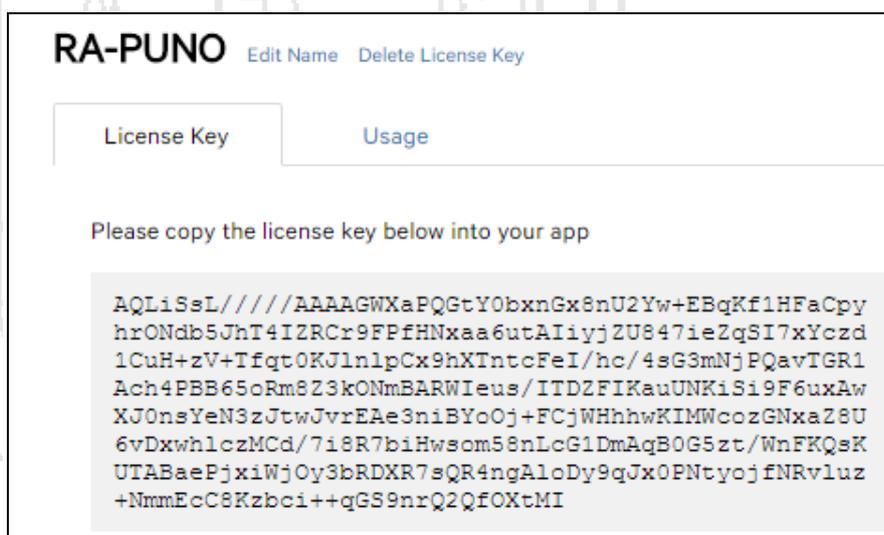


Figura 27: Licencia para el prototipo generado por vuforia

Fuente: Elaboración Propia

4.4.1.2. Crear una base de datos y una imagen de destino

El siguiente paso es la creación de una base de datos de las imágenes. Para ello dirigimos a "Develop >> Target Manager" y seleccione "Add Database".

Create Database

Name:
RA-PUINO

Type:

- Device
- Cloud
- VuMark

Cancel Create

Figura 28: Creación de base de datos de marcadores- vuforia.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, añadimos las imágenes a la base de datos, seleccionamos la base de datos y haga clic en "Add Target". Vuforia soporta varios tipos de objetivos como la única imagen, cilíndricas, cúbicas, imagen 3D, etc. Se utilizaron solo imágenes para el proyecto.

Add Target

Type:

- Single Image
- Cuboid
- Cylinder
- 3D Object

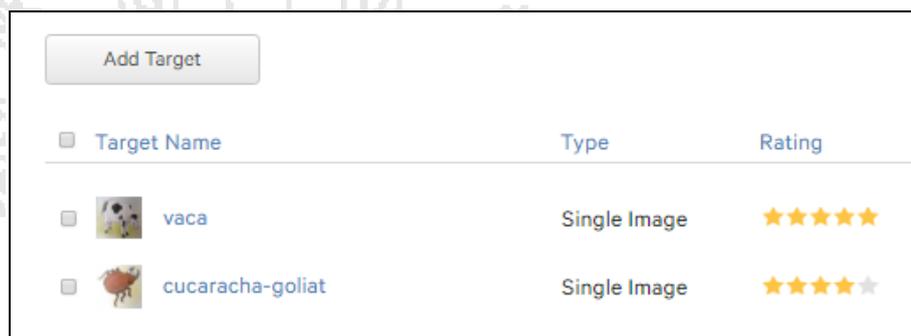
File:
vaca.jpg Browse...

.jpg or .png (max file 2mb)

Figura 29: Añadido de imágenes en base de datos - vuforia.

Fuente: Elaboración Propia

Una vez subido todas las imágenes descargamos la base de datos "Download Database". Las imágenes subidas son clasificadas según rating, mientras más estrellas tenga será mejor la presión un ejemplo podemos ver en la Figura 30.



Target Name	Type	Rating
 vaca	Single Image	★★★★★
 cucaracha-goliat	Single Image	★★★★☆

Figura 30: Rating de imágenes en base de datos - vuforia.

Fuente: Elaboración Propia

Vamos a descargar el conjunto de datos mediante la opción "Download Database (All)".

4.4.2. Integración con Unity

Iniciamos con la creación de un nuevo proyecto Unity3D con el nombre de "RA-PUNO".

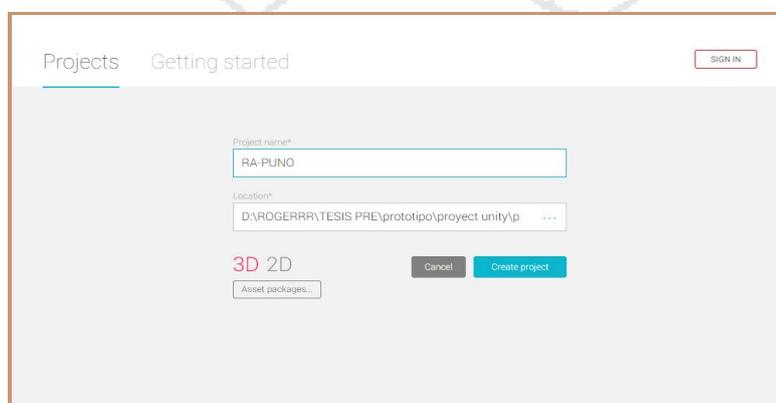


Figura 31: Creación de proyecto en Unity.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, importamos los paquetes Vuforia Unity y la base de datos con las imágenes trabajadas en Vuforia.

 RA-PUNO	Unity package file	458 KB
 vuforia-unity-6-0-117	Unity package file	49,099 KB

Figura 32: Paquetes generados en vuforia para integración en unity.

Fuente: Elaboración Propia

Los objetos en 3d los bajamos de 3dwarehouse y los trabajamos con SketchUp, y los exportamos en formato 3d con la extensión fbx.

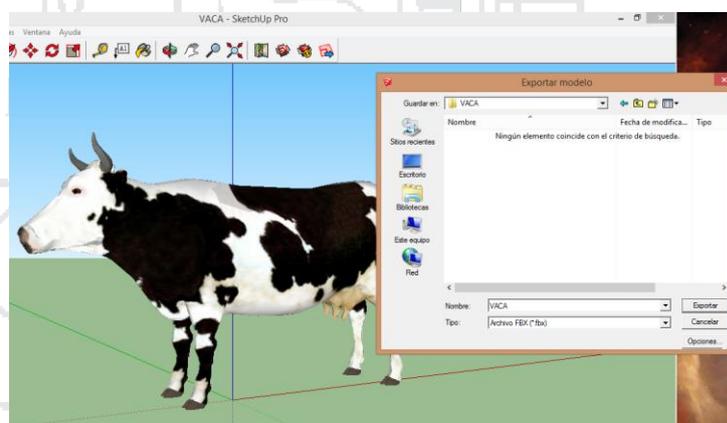


Figura 33: Generación de objetos en 3d en sketchup.

Fuente: Elaboración Propia

Añadimos una ARCamera a nuestra escena. "ARCamera" es la cámara de Realidad Aumentada de Vuforia y añadimos el objeto 3d en la escena y colocarlo como dependiente de ImageTarget.



Figura 34: Añadido de ARcamara en proyecto.

Fuente: Elaboración Propia

Para que el ARCamera funcione correctamente añadimos la clave de licencia de la aplicación. En el panel Inspector, vamos a tener que pegar la clave única generado previamente de Administrador de licencias de Vuforia.

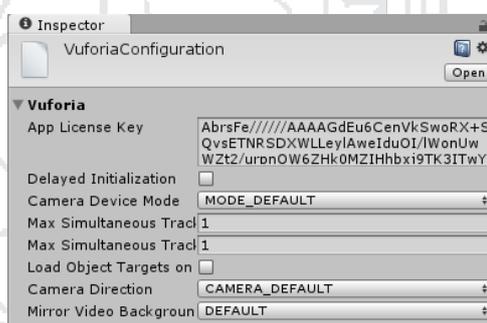


Figura 35: Enlazado con licencia de la aplicación de vuforia.

Fuente: Elaboración Propia

Activamos el ImageTargets, esto se puede hacer mediante la opción "ARCamera", y en el panel Inspector,

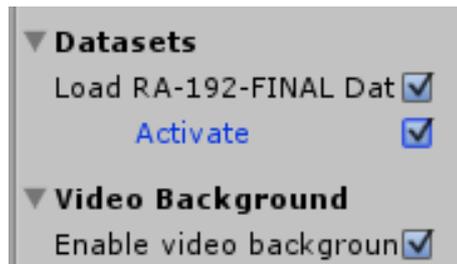


Figura 36: Integración de Dataset de vuforia en unity

Fuente: Elaboración Propia

Centramos los objetos a su contraparte en imagen.

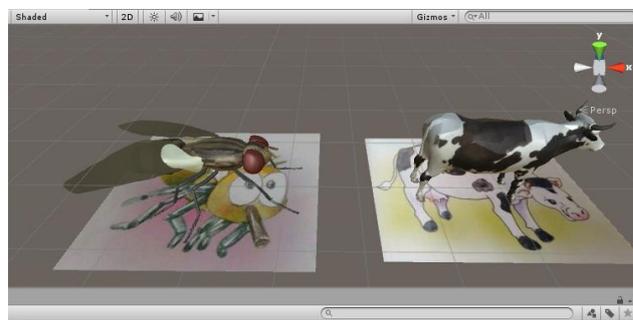


Figura 37: Ajuste de objetos 3d con imágenes del libro.

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente generamos el proyecto para Android. Tenemos que ir a "Save >> Build & run". Y escogemos el sistema operativo android.

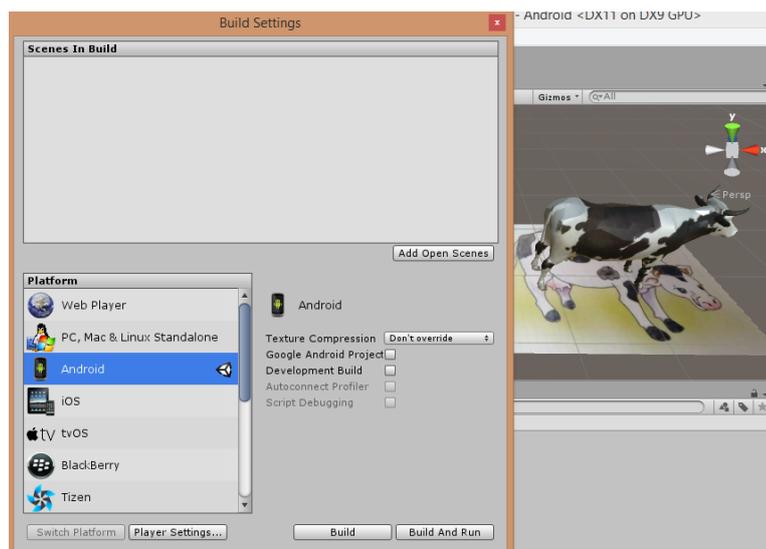


Figura 38: Generación de apk del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia

El prototipo funcional se instala en un dispositivo android para ser probado.



Figura 39: Prueba con prototipo final en libro.

Fuente: Elaboración Propia

4.5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE USABILIDAD DE LA APLICACIÓN.

4.5.1. Pruebas unificadas de entrada y salida

Para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación se realizan pruebas basadas en el correcto funcionamiento de funciones esenciales que deben estar presentes en la aplicación. Esto sirvió para asegurar que cada unidad funcione correctamente y eficientemente por separado. Para ello se especificó casos de prueba.

Información General	
Nombre de caso de uso:	DB-Conex
Descripción Prueba:	Correcta conexión con base de datos
Prerrequisitos	
La base de datos debe contar con imágenes almacenadas y debe estar integrada con Unity.	
Descripción de Casos de Prueba	
Caso: Realizar la búsqueda en la base de datos de imágenes registradas para verificar conexión.	
Servicio Probado: Datasets: (RA-192-FINAL)	
Instrucciones de Prueba Se consulta en la base de datos al iniciar la aplicación (muestra imagen consultada), y que en caso de no existir ninguna conexión, el servicio retorna una lista vacía y no muestra ninguna imagen.	
Criterios de Aceptación En caso de que exista una conexión exitosa con la Base de Datos, el servicio muestra la imagen consultada.	

Tabla 3: Prueba unitaria de conexión con base de datos

Fuente: Elaboración Propia

Información General	
Nombre de caso de uso:	Scan-Image
Descripción Prueba:	Detección de puntos clave en imagen
Prerrequisitos	
La aplicación debe de estar correctamente enlazada con la base de datos.	
Descripción de Casos de Prueba	
Caso: Se verifica que la detección de puntos clave sea correcto al emplear la cámara del dispositivo	
Servicio Probado: Funtion: (ARcamera)	
Instrucciones de Prueba	
La cámara debe enfocara la imagen para poder escanear la imagen y detectar los puntos clave, si fuera correcto jalara información dela base de datos	
Criterios de Aceptación	
En caso de que el escaneado sea correcto y se detecten los puntos clave se mostrara el objeto 3d sobre la imagen.	

Tabla 4: Prueba unitaria de Detección de puntos clave en imagen

Fuente: Elaboracion Propia

Información General	
Nombre de caso de uso:	Sup-Image
Descripción Prueba:	Superposición de objeto 3d sobre imagen
Prerrequisitos	
La aplicación debe de estar correctamente enlazada con la base de datos y realizar correctamente la detección de puntos clave.	
Descripción de Casos de Prueba	
Caso: Se verifica que los objetos 3d se superpongan sobre las imágenes que se enfocan con la cámara.	
Servicio Probado: Funtion: (ImageTarget)	
Instrucciones de Prueba	
Al enfocar la imagen con la cámara debe de superponer un objeto en 3d	
Criterios de Aceptación	
La aplicación debe de mostrar la imagen en 3d sobre la imagen escaneada.	

Tabla 5: Prueba unitaria de Superposición de objeto 3d sobre imagen

Fuente: Elaboracion Propia

Información General	
Nombre de caso de uso:	Det-Mov
Descripción Prueba:	Detección de movimiento sobre imagen
Prerrequisitos	
La aplicación debe mostrar objetos en 3d sobre las imágenes.	
Descripción de Casos de Prueba	
Caso: Se verifica que los objetos 3d se sigan mostrando al realizar movimientos alrededor de la imagen.	
Servicio Probado: Funtion: (Rotation)	
Instrucciones de Prueba Se debe de realizar movimientos alrededor de la imagen al mostrarse el objeto en 3d.	
Criterios de Aceptación El objeto 3d superpuesto sobre la imagen no debe desaparecer al realizar movimientos a sus alrededor.	

Tabla 6: Prueba unitaria de Detección de movimiento sobre imagen

Fuente: Elaboracion Propia

Información General	
Nombre de caso de uso:	Scal-Image
Descripción Prueba:	Se verifica que la proporción sea correcta entre imagen y objeto 3d.
Prerrequisitos	
La aplicación debe mostrar objetos en 3d sobre las imágenes.	
Descripción de Casos de Prueba	
Caso: Se verifica que los objetos 3d tenga una proporción correcta respecto a la imagen que es enfocada con la cámara.	
Servicio Probado: Funtion: (Scale)	
Instrucciones de Prueba Al mostrar el objeto en 3d sobre la imagen se debe acercar y alejar el dispositivo.	
Criterios de Aceptación La aplicación debe mostrar en todo momento una proporción adecuada al realizar acercamientos y alejamientos.	

Tabla 7: Prueba unitaria de escala entre imagen y objeto 3d

Fuente: Elaboracion Propia

Al haber realizado las pruebas unitarias de entrada y salida se pudieron verificar el correcto funcionamiento de la aplicación y asegurar un correcto funcionamiento.

4.5.2. Pruebas de carga de la aplicación

En esta prueba definimos todos los aspectos relacionados con el uso de recursos que emplea la aplicación como: Uso de CPU (Unidad Central de Procesamiento) expresado en MHz, Uso de GPU (Unidad Grafica de Procesamiento) expresado en MHz, Consumo de energía expresado en mW (Mili Watts), entre otros aspectos.

Para la prueba se utiliza una aplicación de captura de información del consumo de recursos de una aplicación sobre sistemas operativos android desarrollado por *Qualcomm Innovation Center* "App Tune-up Kit".

Para la prueba se emplearon diferentes equipos de gama baja, media y alta; la prueba se realizó por 1 minuto en cada terminal, gracias a ello se analizaron los resultados más relevantes.

4.5.2.1. Uso de CPU

La aplicación YAPAY al ser utilizado en diferentes condiciones muestra un consumo del CPU que varía entre (360 MHz - 630MHz) en todos los caso, la aplicación funciona correctamente en los terminales que cumplen con estos requerimientos, los equipos de gama baja presentan

cierta dificultad en breves momentos por las características del procesador que poseen.

4.5.2.2. Uso de GPU

La aplicación YAPAY al ser utilizado en diferentes condiciones muestra un consumo del GPU que varía entre (361MHz - 450MHz) en todos los caso, la aplicación funciono correctamente en los terminales que cumplen con estos requerimientos, los equipos de gama baja presentan cierta dificultad en breves momentos por las características del procesador gráfico que poseen.

4.5.2.3. Consumo de Energía

La aplicación YAPAY al ser utilizado en diferentes condiciones muestra un consumo de energía que varía entre (3633mW - 5235mW) este rango de consumo de energía fue en el lapso de 1 minuto en todos los equipos donde fue probado la aplicación.

4.5.3. Observación

Los resultados obtenidos a través de la observación fueron de gran ayuda para mejorar el prototipo inicial. Los problemas detectados en este punto se basaron en la iluminación que del ambiente y se observaron nuevos problemas que no se habían tenido en consideración anteriormente como la superposición de objetos.

4.5.3.1. Problemas no anticipados

El problema más importante que se observó, fue la iluminación del ambiente donde se realizaba la prueba pues afecta directamente el desempeño de la aplicación y los usuarios perciben claramente este problema. Es necesario mejorar este punto a fin de tener objetos presentes en todo momento de la interacción.

Otro problema que no se esperaba es la superposición de los objetos al ser manipulado en el aula, este problema es conocido en el área de IHC (interacción humano computador) como solapamiento de información, este problema se mejoró distanciando los objetos y reduciendo de tamaño a escala se las imágenes.

4.5.4. Cuestionario

A continuación se presentan los resultados obtenidos a través del QUIS (Questionnaire for User Interface Satisfaction) que fue completado por los usuarios finales que fueron evaluados luego de completar todas las tareas definidas. Si bien no es posible hacer un análisis estadístico completo de los resultados obtenidos, dado que el tamaño de la muestra en cuestión es de sólo 6 usuarios, se presenta un análisis de medias que permite tener una referencia de la percepción de los usuarios.

La Tabla 8 muestra los datos obtenidos a través de la aplicación del Cuestionario de Evaluación de Usabilidad de Usuario Final mientras que la Figura 40 muestra un gráfico con las medias de los resultados obtenidos en cada uno de los puntos evaluados por los usuarios finales que trabajaron con el videojuego.

USUARIO	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO
¿CREE QUE LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA COMO HERRAMIENTA EN CLASE ES IMPORTANTE?	5	5	4	5	4	5	4.7
¿LA INTERFAZ DE LA APLICACIÓN ES AMIGABLE?	4	4	5	4	4	5	4.3
¿LA APLICACIÓN ES FÁCIL DE USAR?	3	5	4	3	4	3	3.7
¿LOS OBJETOS MOSTRADOS EN LA APLICACIÓN SON RECONOCIBLES?	5	5	4	5	5	5	4.8
¿LA ANIMACIONES EN 3D PRESENTAN PROBLEMAS PARA MOSTRARSE?	3	5	4	3	3	3	3.5
¿CREE QUE LA APLICACIÓN SEA ACEPTADO EN OTROS CENTROS EDUCATIVOS?	5	5	4	4	4	5	4.5
¿CONSIDERA UD. QUE LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA DEBA ESTER PRESENTE EN LA CURRICULA DE TRABAJO?	5	5	5	5	5	5	5.0
PROMEDIO POR USUARIO	4.3	4.9	4.3	4.1	4.1	4.4	4.4

Tabla 8: Tabla de resultados obtenidos a través del QUIS

Fuente: Elaboración Propia

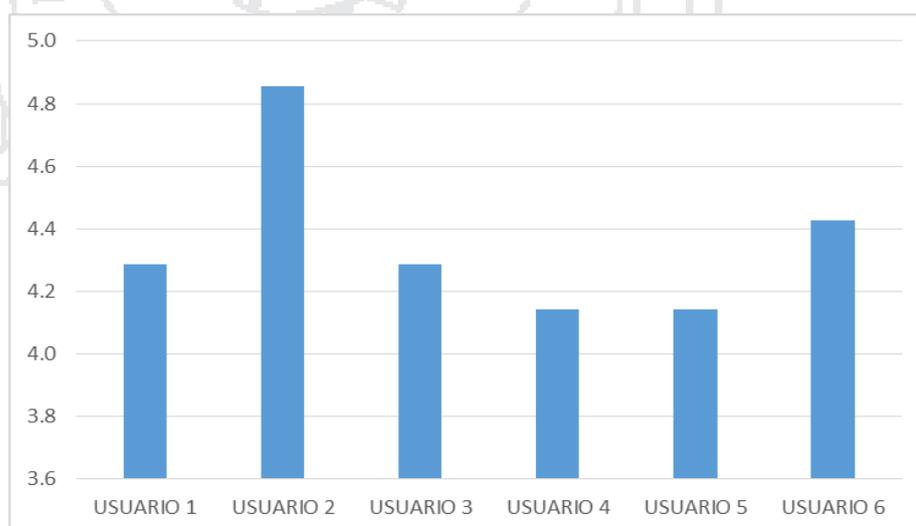


Figura 40: Resultados de usuarios obtenidos a través del QUIS.

Fuente: Elaboración Propia

Del gráfico se puede observar que todos los usuarios mencionan que la aplicación de realidad aumentada es buena pues los resultados no bajan de 3 que representa el punto neutral entre óptimo y malo. Se obtuvo el promedio general entregado a la aplicación por cada usuario mediante el cálculo del promedio simple de los puntajes asignados por el alumno a cada una de las afirmaciones con un promedio de 4.4 considerando a la aplicación como buena.

También se tiene información sobre el tiempo que los estudiantes podrían utilizar este tipo de aplicaciones llegando a ser entre 15 a 30 minutos por sesión.

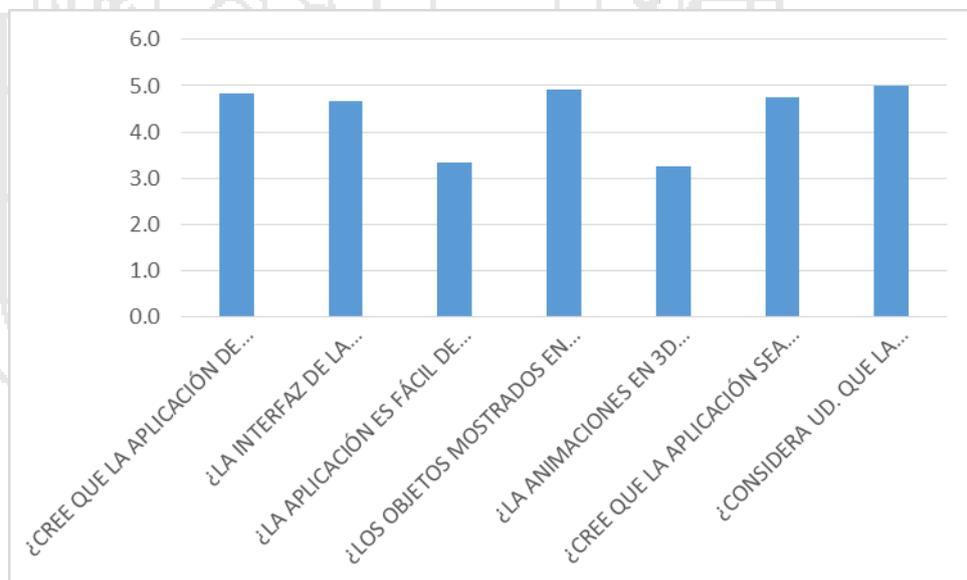


Figura 41: Resultados de preguntas obtenidos a través del QUIZ.

Fuente: Elaboración Propia

Por medio de las preguntas abiertas del cuestionario, se puede concluir que los usuarios encontraron divertida la aplicación

y que les gustó, en todos los casos se tiene una puntuación mayor que 3 considerando a la aplicación como bueno en algún caso muy bueno para su utilización con los estudiantes.



CONCLUSIONES

Durante la investigación se diseñó, desarrolló y evaluó una aplicación basada en Realidad Aumentada para apoyar el proceso de aprendizaje en educación general básica y que se aplicó en la institución educativa inicial 192 e la ciudad de Puno - Perú.

El diseño de la aplicación fue por medio de los requerimientos los usuarios que expresaron cuales eran sus inquietudes y lo esperaban de una aplicación de este tipo, dentro de estos punto lo que se percibió fue que los usuarios deseaban una aplicación que sea rápida y que los objetos que se muestren sean lo más reales posibles, también que fuera fácil de usar pues todo los estudiantes no tiene el mismo nivel de conocimiento con el uso de la tecnología.

Por otro lado, el uso del de las imágenes del libro fue definida por los usuarios que expresaron que se trabaje sobre el tema de animales, para ello fue necesario buscar en internet los objetos que representaban a las imágenes presentes en el libro, posteriormente se tubo inconvenientes con el uso de las imágenes por el modo como fueron obtenidos, con ello se puede deducir que los objeto tomados por medio de la cámara del dispositivo es escaneado más rápido al momento de usar el dispositivo móvil.

Para la elección de la plataforma de desarrollo se realizó una comparación entre las diferentes plataformas existentes, también como el uso de sistemas operativos en el Perú, se llegó a la conclusión de que se

realizaría para Android y que se emplearía para ello Vuforia, Unity y SketchUp.

La realización del prototipo se desarrolló en un tiempo prudente de 3 semanas donde se pudo emplear la metodología ágil Mobile-D, gracias a ello se desarrollaron pruebas con las cuales se fueron corrigiendo problemas que se presentaron al momento de la ejecución.

Respecto de las evaluaciones realizadas, cada una de ellas arrojó una serie de datos que nos indican que la aplicación contribuye a mejorar la interacción del estudiante con el contenido de los libros educativos tradicionales de distribución gratuita en Educación Básica Regular.

El promedio registrado por medio de la encuesta es de 4.4 que nos acerca a un promedio muy bueno, en la investigación podemos afirmar que la aplicación fue calificada como buena.

RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos es recomendable poder contar con más dispositivos móviles al momento de realizar las pruebas así como la ayuda de alguna persona que pueda monitorear por separado las acciones realizadas a fin de recolectar más información.

A medida que se realizaba la aplicación se pudo tener idea de futuros trabajos que pueden realizarse basados en la presente investigación los cuales se detallan a continuación:

- Digitalización de libros educativos para la enseñanza en educación básica especial.
- Aplicando de la realidad aumentada en libros educativos empleando hololens.
- Impacto del uso de tecnologías de realidad aumentada basado en pruebas pre y post aplicación basados en la curricula peruana.

REFERENCIAS

- Abdulmushli, M. (2012). Análisis de sistemas de realidad aumentada y metodología para el desarrollo de aplicaciones educativas. LSI1-Proyectos Fin de Máster.
- Abrahamsson, P. (2007). Agile software development of mobile information systems. In International Conference on Advanced Information Systems Engineering (pp. 1-4). Springer Berlin Heidelberg.
- Abrahamsson, P., Hanhineva, A., Hulkko, H., Ihme, T., Jääliñoja, J., Korkala, M., & Salo, O. (2004). Mobile-D: an agile approach for mobile application development. In Companion to the 19th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming systems, languages, and applications (pp. 174-175). ACM.
- Alba Pinto, I. (2015). Ciencia a la última: Realidad Aumentada y Realidad Virtual (Alba Pinto, Inés López de Toledo y Laura Muñoz). [online] Cencialultima.blogspot.pe. Recuperado de: <http://cencialultima.blogspot.pe/2015/01/realidad-aumentada-y-realidad-virtual.html> [Última fecha de consulta: 24 Mar. 2016].
- Arlab.com. (2011). ARLab Augmented Reality Company. [online] Recuperado de: <http://www.arlab.com/company> [Última fecha de consulta: 14 Jul. 2016]
- Artoolkit.org. (2006). Open Source Augmented Reality SDK | ARToolKit.org. [online] Recuperado de: <https://artoolkit.org/> [Última fecha de consulta: 4 Aug. 2016].
- Augmented Reality | Interactive Print | Layar. (2012). Layar. Última fecha de consulta: 12 June 2016, de <https://www.layar.com/>

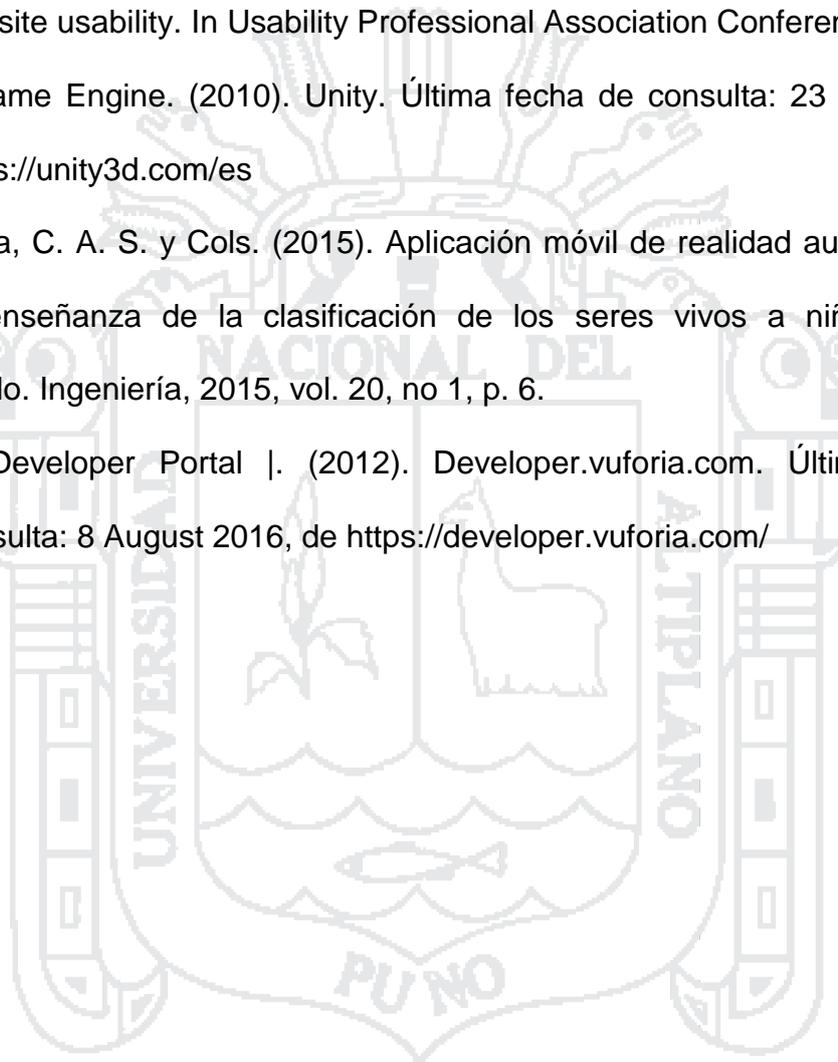
- Azuma, R y cols. (2001). Recent advances in augmented reality. IEEE computer graphics and applications, 21(6), 34-47.
- Barroso Osuna, J., & Cabero Almenara, J. (2016). Evaluación de objetos de aprendizaje en Realidad Aumentada: estudio piloto en el grado de Medicina. Enseñanza, 34(2), 18.
- Billinghurst, M., Kato, H., Kiyokawa, K., Belcher, D., & Poupyrev, I. (2002). Experiments with face-to-face collaborative AR interfaces. Virtual Reality, 6(3), 107-121.
- Bimber, O., & Raskar, R. (2005). Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds. CRC press.
- Blanco, P., Camarero, J., Fumero, A., Warterski, A., & Rodríguez, P. (2009). Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles. Introducción al desarrollo con Android y el iPhone. Dr. en Ing. Sist. Telemáticos, 1-30.
- Brunner, J. J. (2001). Globalización y el futuro de la educación: tendencias, desafíos, estrategias. Análisis de Prospectivas de la Educación en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: UNESCO.
- Cabero, J., & Barroso, J. (2016). Posibilidades educativas de la Realidad Aumentada.
- Chignell, M. H. (1990). A taxonomy of user interface terminology. ACM SIGCHI Bulletin, 21(4), 27.
- Conza, V., Marisol, K., Torres, R., & Viviana, K. (2015). Material didáctico multimedia basado en realidad aumentada en la asignatura de estudios sociales en educación general básica.

- De la Torre Cantero, J. y Cols (2015). Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional. *Revista de Educación a Distancia*, (37).
- Diaper, D. (2004). Understanding task analysis for human-computer interaction. *The handbook of task analysis for human-computer interaction*, 5-47
- Díaz, F. J., Harari, V., & Harari, I. (2016). Realidad aumentada en prácticas educativas de índole social. In XI Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2016).
- Díaz, J. J. (2008). Educación superior en el Perú: tendencias de la demanda y la oferta. *Análisis de programas, procesos y resultados educativos en el Perú: contribuciones empíricas para el debate*, 83-129.
- DroidAR by bitstars. (2006). [Bitstars.github.io](https://bitstars.github.io). Última fecha de consulta: 25 May 2016, de <https://bitstars.github.io/droidar/>
- Fernández, A. C. P. (2015). Educación peruana vs. educación inclusiva. consejos practicos para docentes y padres de familia. *REVISTA DE PSICOLOGÍA*, 11(1), 153-163.
- Fernando, M. (2013). *Membuat Aplikasi Android Augmented Reality Menggunakan Vuforia SDK dan Unity*. Surakarta: AR Online.
- Flores, M., & Meneses, M. (2013). Los resultados de la aplicación de prueba PISA en Perú: Desencuentros y oportunidades.
- Flórez, J. C., & Buriticá, M. F (2013). Realidad aumentada aplicada a objetos de aprendizaje para asignaturas de ingeniería informática.
- Iizuka, R. (2008). *NyARToolkit*. Retrieved November, 21, 2008.

- Iñarrea Sagüés, C. (2012). Desarrollo de una aplicación de Realidad Aumentada mediante la arquitectura Vuforia para la obtención de información de cuadros.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2014). NMC Horizon Report: 2014 library edition. Austin, Texas. The New Media Consortium.
- Johnson, L., Smith, R., Levine, A., Stone, S. (2010). The 2010 Horizon Report: Edición en español. (Xavier Canals, Eva Durall, Translation.) Austin, Texas: The New Media Consortium
- Kato, H. (2002). ARToolKit: library for Vision-Based augmented reality. IEICE, PRMU, 6, 79-86.
- Martínez, N. M. M., & Olivencia, J. J. L. (2016). Experiencias formativas de uso didáctico de la realidad aumentada con alumnado del grado de educación primaria en la universidad de Málaga. EDMETIC, 6(1), 81-104.
- Metaio | Home. (2006). Metaio.eu. Última fecha de consulta: 19 May 2016, de <http://www.metaio.eu/index.html>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 77(12), 1321-1329.
- Moreno Martínez, N. M., & Leiva Olivencia, J. J. (2017). Experiencias formativas de uso didáctico de la realidad aumentada con alumnado del grado de educación primaria en la Universidad de Málaga.
- Netdreams blog (2015). Perú Archivos netdreams blog :: soluciones móviles, apps, webs responsive. [online] Recuperado de: <http://netdreams.pe/blog/category/peru/> [Última fecha de consulta: 8 Oct. 2016].

- Nielsen, J. (1994). Usability engineering. Elsevier.
- Nielsen, J. y Landauer, T. K. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. In Proceedings of the INTERACT'93 and CHI'93 conference on Human factors in computing systems (pp. 206-213). ACM.
- Palomino Ruiz, I. I., & Wong Ortecho, G. V. (2013). Evaluación de usabilidad en dos aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles con sistema operativo Android.
- Pedro Carracedo, J., & Méndez, C. L. M. (2012). Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense. IEEE-RITA, 7(2), 102-108.
- Pumalema, L., & Israel, J. (2013). Realidad aumentada como herramienta de aprendizaje en niños de seis años del Colegio Jr. College.
- Rodríguez Calderón, R., & Santillana Arbesú, R. (2013). ARLAB: Laboratorio con realidad aumentada.
- Rodríguez Lomuscio, J. P. (2011). Realidad Aumentada para el aprendizaje de Ciencias en niños de Educación General Básica.
- Sánchez, J. (2001). Aprendizaje Visible, Tecnología Invisible, Dolmen Ediciones, Santiago, Chile (p. 394). ISBN 956-201-473-8.
- Sánchez, M. G. B., Moreno, A. R. M., & Torres, R. H. (2014). El uso de material didáctico y las tecnologías de información y comunicación (TIC's) para mejorar el alcance académico. Ciencia y tecnología, 1(14).
- Serrano Mamolar, A. N. A. (2012). Herramientas de desarrollo libres para aplicaciones de Realidad Aumentada con Android. Análisis comparativo entre ellas.

- Torres, D. R. (2011). Realidad Aumentada, educación y museos. Revista ICONO14. Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes, 9(2), 212-226.
- Tullis, T. S., & Stetson, J. N. (2004). A comparison of questionnaires for assessing website usability. In Usability Professional Association Conference (pp. 1-12).
- Unity Game Engine. (2010). Unity. Última fecha de consulta: 23 July 2016, de <https://unity3d.com/es>
- Villanueva, C. A. S. y Cols. (2015). Aplicación móvil de realidad aumentada para la enseñanza de la clasificación de los seres vivos a niños de tercer grado. Ingeniería, 2015, vol. 20, no 1, p. 6.
- Vuforia Developer Portal |. (2012). Developer.vuforia.com. Última fecha de consulta: 8 August 2016, de <https://developer.vuforia.com/>



ANEXOS

ANEXO 1

Esta encuesta permitirá determinar si el usuario considera útil dentro de sus sesiones educativas el uso de la realidad aumentada.

**ENCUESTA
EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA EN LIBROS
TRADICIONALES PARA LA ENSEÑANZA EN EDUCACIÓN BÁSICA REGULAR EN
EL DEPARTAMENTO DE PUNO**

I.- ACERCA DE LA APLICACIÓN (MARQUE CON UNA X SU RESPUESTA)	
1.- ¿CREE QUE LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA COMO HERRAMIENTA EN CLASE ES IMPORTANTE?	4.- ¿LOS OBJETOS MOSTRADOS EN LA APLICACIÓN SON RECONOCIBLES?
<input type="checkbox"/> Muy de acuerdo <input type="checkbox"/> De acuerdo <input type="checkbox"/> Ni de acuerdo ni en desacuerdo <input type="checkbox"/> En desacuerdo <input type="checkbox"/> Muy en desacuerdo	<input type="checkbox"/> Muy de acuerdo <input type="checkbox"/> De acuerdo <input type="checkbox"/> Ni de acuerdo ni en desacuerdo <input type="checkbox"/> En desacuerdo <input type="checkbox"/> Muy en desacuerdo
2.- ¿LA INTERFAZ DE LA APLICACIÓN ES AMIGABLE?	5.- ¿LA ANIMACIONES EN 3D PRESENTAN PROBLEMAS PARA MOSTRARSE?
<input type="checkbox"/> Muy de acuerdo <input type="checkbox"/> De acuerdo <input type="checkbox"/> Ni de acuerdo ni en desacuerdo <input type="checkbox"/> En desacuerdo <input type="checkbox"/> Muy en desacuerdo	<input type="checkbox"/> Muy de acuerdo <input type="checkbox"/> De acuerdo <input type="checkbox"/> Ni de acuerdo ni en desacuerdo <input type="checkbox"/> En desacuerdo <input type="checkbox"/> Muy en desacuerdo
3.- ¿LA APLICACIÓN ES FÁCIL DE USAR?	6.- ¿CREE QUE LA APLICACIÓN SEA ACEPTADO EN OTROS CENTROS EDUCATIVOS??
<input type="checkbox"/> Muy de acuerdo <input type="checkbox"/> De acuerdo <input type="checkbox"/> Ni de acuerdo ni en desacuerdo <input type="checkbox"/> En desacuerdo <input type="checkbox"/> Muy en desacuerdo	<input type="checkbox"/> Muy de acuerdo <input type="checkbox"/> De acuerdo <input type="checkbox"/> Ni de acuerdo ni en desacuerdo <input type="checkbox"/> En desacuerdo <input type="checkbox"/> Muy en desacuerdo
7.- ¿CONSIDERA UD. QUE LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA DEBA ESTER PRESENTE EN LA CURRICULA DE TRABAJO?	
<input type="checkbox"/> Muy de acuerdo <input type="checkbox"/> De acuerdo <input type="checkbox"/> Ni de acuerdo ni en desacuerdo <input type="checkbox"/> En desacuerdo <input type="checkbox"/> Muy en desacuerdo	
II.- TIEMPO DE ACCESO A LA INFORMACIÓN	
2.1.- ¿CUANTO TIEMPO CREE QUE DEBA EMPLEARSE LA APLICACIÓN CON LOS ALUMNOS?	
<input type="checkbox"/> <5-15> minutos <input type="checkbox"/> <30-45> minutos <input type="checkbox"/> <60-75> minutos <input type="checkbox"/> <15-30> minutos <input type="checkbox"/> <45-60> minutos	