

**DESARROLLO DE OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE PARA EL
ESTUDIO DE LA ANATOMÍA DE ÓRGANOS DENTALES EN LA FACULTAD
DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**

INVESTIGADORES:

ING. LUIS CARLOS TOVAR GARRIDO (MSC)

DOCTOR SALVADOR INSIGNARES ORDÓÑEZ

COINVESTIGADORES:

JOSÉ ALFREDO BOHÓRQUEZ AGUILAR

CESAR ANDRÉS VELÁSQUEZ MARTÍNEZ



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

CARTAGENA DE INDIAS, 2013

**DESARROLLO DE OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE PARA EL
ESTUDIO DE LA ANATOMÍA DE ÓRGANOS DENTALES EN LA FACULTAD
DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA.**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN
GIMÁTICA**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN
INTELIGENCIA COMPUTACIONAL**

INVESTIGADORES:

ING. LUIS CARLOS TOVAR GARRIDO (MSC)

DOCTOR SALVADOR INSIGNARES ORDÓÑEZ

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS**

CO-INVESTIGADORES:

JOSÉ ALFREDO BOHÓRQUEZ AGUILAR

CESAR ANDRÉS VELÁSQUEZ MARTÍNEZ



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

CARTAGENA DE INDIAS, 2013

DEDICATORIA

Queremos dedicar este trabajo:

A Dios que nos ha dado la Sabiduría y paciencia para enfrentar los retos que trajo con si la investigación.

A nuestros padres que incansablemente se sacrificaron por nosotros, lo cual nos permitió poder cumplir nuestra meta.

A nuestro director de Tesis por brindarnos su confianza y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

Primero gracias a Dios, por estar siempre presente durante todo este momento de nuestras vidas, aun en los momentos más difíciles, mostrándonos el camino y dándonos las fuerzas para seguir adelante.

A nuestras familias por su apoyo incondicional, en especial a nuestros padres por brindarnos la mejor formación de todas, por sus sacrificios durante todo este tiempo para ofrecernos los medios para acceder a la educación, por su deseo de hacer de nosotros unos grandes hombres servidores a Dios y a la sociedad.

También nos gustaría expresar nuestro agradecimiento al profesor Luis Carlos Tovar Garrido director del proyecto por su comprensión, confianza, valiosas correcciones, sugerencias y apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

Del mismo modo agradecemos la ayuda del Dr. Salvador Insignares Ordoñez, por su tiempo dedicado a nosotros en asesorías, explicaciones y documentos brindados acerca de los conceptos de anatomía de órganos dentales que serían abordados a lo largo de la investigación.

A todos nuestros compañeros y amigos por estar a nuestro lado todo este tiempo, compartir los buenos y malos momentos, por sus apoyos y motivaciones cuando creíamos perder las esperanzas.

A nuestros docentes, muchas gracias por todas las innumerables enseñanzas, asesorías, dedicación y esmero en cada una de las clases que nos brindaron a lo largo de este proceso de formación. Espero algún día Dios les permita ver los frutos de estas enseñanzas en cada uno de nosotros.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	3
1.3 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	5
2. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 ESTADO DEL ARTE.....	7
2.1.1 Objetos virtuales de aprendizaje.....	7
2.1.2 Realidad aumentada	11
2.2 MARCO TEÓRICO.....	14
2.2.1 Objetos virtuales de aprendizaje.....	14
2.2.2 Dispositivos móviles	23
2.2.3 Realidad aumentada	28
2.2.4 Órganos dentales	37
3. OBJETIVOS	41
3.1 OBJETIVO GENERAL	41
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
4. METODOLOGÍA.....	42
4.1 DISEÑO UTILIZADO.....	43
4.2 PROCEDIMIENTO	44
5. DESARROLLO	46
5.1 ANALISIS DEL NEGOCIO	46
5.1.1 Requerimientos	49
5.1.2 Inventario	51
5.1.3 Construcción de modelos 3D.....	52
5.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS	54
5.2.1 Diseño	54
5.2.2 Identificación de Herramientas.....	55
5.2.3 Análisis de Herramientas.....	55
5.3 CONSTRUCCIÓN Y ADAPTACIÓN DE LOS COMPONENTES DE INGENIERÍA	58
5.3.1 Construcción de los marcadores	58

5.3.2 Construcción de la aplicación.....	59
5.4 EVALUACIÓN E IMPLANTACIÓN	65
5.4.1 Evaluación personal calificado	65
5.4.2 Evaluación estudiantes	66
5.4.3 Implantación.....	71
6. RESULTADOS	72
7. CONCLUSIONES	76
8. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	78
9. BIBLIOGRAFÍA	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Smartphone fabricado por Samsung.	23
Ilustración 2: Tablet	24
Ilustración 3: Continúo de la Virtualidad de Milgram.	30
Ilustración 6: Vista anterior de un cráneo adulto.	51
Ilustración 7: Vistas parciales de la pieza dental y su forma final.	52
Ilustración 8: Incisivo Lateral Superior, modelado en Blender.	53
Ilustración 10: Marcadores realidad aumentada.	58
Ilustración 11: Diagrama de Casos de Uso.	60
Ilustración 12: Diagrama de componentes.	62
Ilustración 13: Resultado de evaluar el tiempo de ejecución de la aplicación.	67
Ilustración 14: Resultado de evaluar la concordancia de los modelos 3D con las piezas dentales reales.	68
Ilustración 15: Resultado de evaluar la pertinencia del contenido informativo.	68
Ilustración 16: Resultado de evaluar la pertinencia del contenido evaluativo.	68
Ilustración 17: Resultado de medir la dificultad del contenido evaluativo.	69
Ilustración 18: Resultado de evaluar la cantidad de errores presentados.	69
Ilustración 19. Resultado de evaluar el nivel de satisfacción del usuario.	69
Ilustración 20: Resultado de evaluar si los usuarios le agregarían otra funcionalidad a la aplicación.	70
Ilustración 21: Resultado de evaluar si la aplicación puede ayudar en el proceso Enseñanza-Aprendizaje.	71

Ilustración 22: Modelos 3D hechos en Blender.	72
Ilustración 23: AppTooth Full, OVA´S utilizando realidad aumentada en dispositivos móviles.	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de Objetos de aprendizaje.	22
Tabla 2: Características de NyARToolKit	33
Tabla 3: Características de Qualcomm.	34
Tabla 4: Características de Wikitude.	34
Tabla 5: Características de AndAR.	35
Tabla 6: Características de Arviewer	36
Tabla 7: Metodologías y su relación con los objetivos específicos.	45
Tabla 8: Plantilla análisis aplicación general.	47
Tabla 9 : Plantilla análisis aplicación Incisivos.	47
Tabla 10: Plantilla análisis aplicación Caninos.....	48
Tabla 11: Plantilla análisis aplicación Premolares.....	48
Tabla 12: Plantilla análisis aplicación Molares.....	49
Tabla 13: Requerimientos Funcionales de los OVA´S.	50
Tabla 14: Requerimientos No Funcionales de los OVA´S	50
Tabla 15: Piezas dentales a modelar.	51
Tabla 16: Características establecidas como prioridad.	56
Tabla 17: Comparación entre herramientas.	57
Tabla 18: Aplicaciones y su respectivo número de radicación.	74

RESUMEN

El proyecto titulado DESARROLLO DE OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE PARA EL ESTUDIO DE LA ANATOMÍA DE ÓRGANOS DENTALES EN LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA, se realizó con el objetivo de desarrollar una serie de objetos virtuales de aprendizaje (OVA'S) como apoyo a la enseñanza de la temática de los órganos dentales. A través de ésta se le permitirá tanto a docentes como estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad de Cartagena contar con nuevas herramientas tecnológicas y didácticas con la que se espera hacer más ameno el proceso de aprendizaje, utilizando la realidad aumentada en dispositivos móviles para tal fin.

Se utilizó un tipo de investigación aplicada, descriptiva y experimental, y una metodología mixta conformada por la Ingeniería de Software basada en Componentes (ISBC) y AODDEI (Análisis, Obtención, Diseño, Desarrollo, Evaluación e Implantación), con el fin de cumplir con los objetivos establecidos en el proyecto, los cuales condujeron al desarrollo de los OVA'S. Dentro de esta línea se hizo un breve recorrido por la literatura en general, orientado a la problemática de la Facultad de Odontología de la Universidad de Cartagena, para ello se tuvo en cuenta conceptos como los OVA'S, la realidad aumentada en dispositivos móviles, M-Learning y la anatomía de los órganos dentales, conceptos que ayudaron a culminar con éxito la investigación.

Como resultados más relevantes se pueden destacar el desarrollo de los OVA'S, utilizando la tecnología de la realidad aumentada en dispositivos móviles, la formulación de un modelo metodológico, la escritura de un artículo y, por último, la ponencia en un evento local.

Cabe destacar que el uso de nuevas tecnologías emergentes como apoyo a la enseñanza puede mejorar la apropiación de las temáticas por parte de los estudiantes, ya que se presentan los contenidos de una manera más dinámica, diferente, lo cual la hace en cierto punto atractiva para los estudiantes, dejando atrás los contenidos monótonos y estáticos que se habían estado utilizando.

ABSTRACT

The project entitled DEVELOPMENT OF VIRTUAL LEARNING OBJECTS FOR THE STUDY OF DENTAL ANATOMY OF ORGANS IN THE FACULTY OF DENTISTRY UNIVERSITY OF CARTAGENA, was performed with the aim of developing a series of virtual learning objects (VLO'S) in support to the teaching of the subject of dental organs, which allows teachers and students of the Faculty of Dentistry at the University of Cartagena have new technological and educational tools that make the learning process more enjoyable using augmented reality on mobile devices for this purpose.

A type of applied research, descriptive and experimental, and a mixed methodology consisting of Component Based Software Engineering (CBSE) and AODDEI was used, in order to meet the objectives set in the project, which led the development of VLO'S. Within this line, a brief tour of the literature was done in general, aimed at the problem of the Faculty of Dentistry at the University of Cartagena, taking into account concepts such as virtual learning objects, augmented reality on mobile devices, M-Learning and dental organ anatomy, concepts that helped to complete successfully the investigation.

As most relevant results can highlight the development of the VLO'S, using the technology of augmented reality on mobile devices, development of a methodological model, writing an article and finally, a talk at a local event.

It is also noteworthy that the use of new technologies to support teaching can improve the appropriation of the issues by the students, and presenting the content in a more attractive, dynamic, different way, making it at some point attractive to students, leaving behind the monotonous and static content that had been using.

1. INTRODUCCIÓN

Como apoyo a la labor educativa, la utilización de las TIC potencia los métodos de enseñanza y agiliza los tiempos de apropiación del conocimiento, por lo cual las Universidades Colombianas deben hacer uso de las mismas para formar profesionales competentes en la modernidad, que estén a la par de las comunidades académicas de este mundo globalizado (Gerrero V., 2004).

Realizar herramientas eficientes para el apoyo a la enseñanza, ha sido el reto a lo largo del tiempo en la educación mundial, desde la educación básica primaria hasta la educación superior, se han buscado constantemente métodos para propiciar la participación activa del estudiante en el proceso enseñanza-aprendizaje.

Con la realización del presente proyecto se desarrollaron OVA´S, como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje en la temática de los órganos dentales, utilizando la realidad aumentada en dispositivos móviles, tomando como base la literatura pertinente y la continua ayuda del Doctor Salvador Insignares Ordóñez, especialista en la temática inmersa en los OVA´S.

Este trabajo es útil para desarrollar actitudes de aprendizaje más atractivas a los estudiantes, debido a la manera como fueron usadas las tecnologías emergentes para la creación de OVA´S y la forma como son presentadas las temáticas a enseñar.

A lo largo de este documento se expresa el problema que motivó la realización del proyecto, así como las razones que lo justifican. Además, los OVA´S, los órganos dentales y la realidad aumentada son conceptos ampliamente utilizados razón por la que se dedica un Estado del Arte y Marco Teórico para su definición y explicación de aplicaciones en proyectos y trabajos. Las intenciones u objetivos específicos se encuentran mencionados en la sección “Objetivos” aquí se detallan los propósitos del proyecto. El apartado “Metodología” explica la forma como se desarrolló la investigación, fundamentándose en la Ingeniería de Software Basada en Componentes (Pressman, 2006) y la metodología de OVA´S AODDEI (Análisis, Obtención, Diseño, Desarrollo, Evaluación e Implantación) (Álvarez Rodríguez, Arévalo, Muñoz Arteaga, & Osorio Urrutia, 2006). Al final del documento, se presentan los Resultados,

Conclusiones y Recomendaciones del proyecto así como la Bibliografía consultada en la literatura para la explicación y definición de los diferentes conceptos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las universidades tienen el reto de internacionalizarse sin perder el horizonte regional, para esto, deben conciliar científicamente lo macro y lo micro. En Colombia, las universidades deben vincularse a la modernidad a través de comunidades académicas y de la relación de éstas con los pares internacionales (Gerrero V., 2004).

Como centro de estudios e investigaciones reconocido y distinguido en el Caribe Colombiano por la calidad de sus profesionales, la Universidad de Cartagena, específicamente su Facultad de Odontología se ve en la necesidad de estar “Siempre a la altura de los tiempos” en lo que respecta a las herramientas tecnológicas de aprendizaje, lo anterior hace necesario adquirir tecnologías que mejoren aún más la calidad del estudiantado, enfatizando en el área de la anatomía de los órganos dentales. Por lo que surgen preguntas como: ¿de qué manera integrar tecnologías emergentes en los procesos de enseñanza y aprendizaje?, ¿Cómo aprovechar algunas tecnologías emergentes para apoyar la enseñanza y aprendizaje de la anatomía de los órganos dentales?

Actualmente la Facultad de Odontología, para la enseñanza de la temática mencionada posee escasos materiales referentes a OVA´S que faciliten la apropiación del conocimiento, por lo que en ocasiones se torna complicada de explicar por parte de los docentes y difícil de entender para los estudiantes debido al nivel de detalle que se necesita para su enseñanza, pues las piezas dentales que poseen los seres humanos, aunque aparentemente iguales son diferentes y además poseen algunos aspectos difíciles de percibir.

Sumándole a esto la dificultad de la consecución de piezas dentales reales para su estudio y, aun obteniéndolas, estas piezas son muy pequeñas para una correcta apreciación, haciéndose necesario un nivel de detalle mayor en la relación perspectiva-profundidad. Por lo que para su observación directa se requiere de una inversión en equipos y software que se hace difícil de costear a nivel institucional.

Por estos motivos, los docentes de la institución han utilizado gráficos, ayudas didácticas visuales, auditivas, prácticas y el uso de videos interactivos donde se muestra la mayor cantidad de procedimientos, causas y efectos odontológicos. Pero la mayoría de estas herramientas no alcanzan a cumplir a cabalidad con el precepto de aprendizaje didáctico, debido a que en ocasiones, los estudiantes no entienden los conceptos que se presentan, ya sea porque la herramienta no es lo suficientemente clara o porque necesita más tiempo para apropiarse del conocimiento y en el aula no alcanza a hacerlo, sumándole que varias de estas ayudas no pueden llevarlas a sus hogares, convirtiéndose en un limitante extra para el estudiante.

Por otra parte, el empleo de material bibliográfico como método principal de estudio, puede influir en el tiempo para el desarrollo de las bases que serán necesarias en la fase práctica, lo que originaría inconvenientes tanto a estudiantes como a docentes, ya que en ciertos casos se pueden presentar retrasos en el proceso de aprendizaje. Por lo que se plantea que por medio de un aprendizaje con observación directa, se tiene una representación gráfica de los fenómenos que se dan en la cavidad oral, facilitando el proceso de aprendizaje y por ende el tiempo para llevarse a cabo.

Considerando lo anterior, surgió la propuesta de desarrollar OVA'S que recreen la anatomía de los órganos dentales, apoyados en la tecnología de realidad aumentada en dispositivos móviles, que permita la visualización de las piezas dentales.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

En el mercado actual, existe una gran cantidad de software y cursos, que brindan una ayuda importante para el aprendizaje en el campo de la odontología. Sin embargo estos presentan un impedimento económico, ya que son excesivamente costosos para ser usados a nivel institucional o por parte del estudiantado. Por lo que resulta indispensable la utilización de otros recursos, como lo son los OVA'S.

El desarrollo de los OVA'S utilizando la tecnología de la realidad aumentada como apoyo a la enseñanza de la anatomía dental, puede ayudar a los estudiantes de la Facultad de Odontología a apropiarse del conocimiento de una mejor forma, dado que

los objetos presentan una serie de contenidos, abalados por personal calificado en el tema, además se aprovechan las ventajas que tiene la realidad aumentada para enriquecer el contexto real adicionando información extra, con lo cual se motiva y hace más atractiva la temática a enseñar.

Los OVA'S facilitan la apreciación de las piezas dentales desde todos los ángulos posibles, dado que las piezas dentales reales, por su reducido tamaño, dificultan la observación de sus características respectivas. Los OVA'S desarrollados brindan flexibilidad curricular a los estudiantes, dado que se despliegan en dispositivos móviles, por lo cual ofrecen una característica importante como lo es la ubicuidad, permitiendo que el estudiante pueda prepararse por su cuenta de acuerdo a sus intereses, sin necesidad de encontrarse en el campus universitario.

A su vez, la realización del proyecto permite situar a la institución por encima de otras universidades que aún no poseen OVA'S, se quiere además de proporcionar una herramienta tecnológica muy completa en cuanto a funcionalidad y eficiencia para la visualización del modelo virtual y la interactividad Usuario-Sistema, motivar a otras instituciones tanto regionales como nacionales, para que trabajen con realidad aumentada en dispositivos móviles como herramienta que les permita facilitar el aprendizaje de sus estudiantes. Esto constituye un gran avance tecnológico en la entidad, debido a que la aplicación de esta temática establece un punto de partida en este largo proceso y propone nuevos retos a futuro, ya que no se encontraron registros de la utilización de esta tecnología en el tópico de la anatomía de órganos dentales a nivel local y nacional.

Desde el punto de vista económico, se está ofreciendo un producto, inicialmente con gastos mínimos por parte de los entes beneficiados. Lo anterior fue posible primero porque los investigadores están capacitados para el desarrollo de la presente propuesta por la aprobación de cursos como Inteligencia Artificial, Simulación Digital, la realización de talleres en Modelado 3D y desarrollo de aplicaciones móviles, cursados en el semillero de Desarrollo De Videojuegos (DDV), los cuales forjan habilidades y aptitudes que permitieron llevar a cabo los objetivos establecidos. Y segundo por la presencia de un tutor con una vasta experiencia en la temática tratada, el cual fue proporcionado por la Facultad de Odontología, quien colaboró con gran parte del

recurso hardware necesario. Es pertinente aclarar que se utilizó software libre como Blender¹ y Qualcomm², lo que permitió reducir costos referentes a licencias de productos comerciales.

Llevar a cabo esta investigación es importante en el campo profesional debido a que:

- Se hace uso de tecnologías emergentes, como lo es la realidad aumentada en dispositivos móviles para la realización de los OVA´S, lo cual se centra como el punto innovador de la investigación.
- Los OVA´S resultantes de la investigación son desplegados en dispositivos móviles, lo cual genera un aporte a otra línea de investigación como lo es M-Learning, lo cual aparece como un nuevo paradigma de aprendizaje.
- Se plantea un modelo metodológico que permita elaborar los OVA´S utilizando la realidad aumentada en dispositivos móviles.
- A nivel local y nacional se busca innovar con la realización de una herramienta como esta en la temática de los órganos dentales.
- Se realizó un banco de objetos tridimensionales en el campo de odontología, lo cuales pueden ser reutilizados en futuras investigaciones.

1.3 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó en la Universidad de Cartagena tomando como eje de estudio la temática de la anatomía de los órganos dentales vista por los estudiantes de la Facultad de Odontología.

Para llevar a cabo la investigación, primero se establecieron los puntos claves dentro de la temática mencionada, teniendo esto se pasó a elaborar los contenidos y materiales que estarían inmersos en los OVA´S. Luego se pasó a investigar las herramientas que mejor se adaptaban a la realización de los OVA´S utilizando la realidad aumentada en dispositivos móviles, se seleccionaron las que resultaron más favorables para la consecución de los objetivos del proyecto. Posteriormente se procedió al armado de los OVA´S, integrando los elementos obtenidos y como punto final se sometió el producto

¹ <http://www.blender.org/>

² <http://www.qualcomm.com/>

resultante a una evaluación por parte de personal calificado en la temática y por un grupo de estudiantes. Es de resaltar que todo este proceso estuvo guiado por el Doctor Salvador Insignares Ordóñez, docente de la Facultad de Odontología, quien con su vasta experiencia en la temática y a través de reuniones y entrevistas puso a disposición el material necesario para que se llevara a cabo la investigación.

2. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

2.1 ESTADO DEL ARTE

2.1.1 Objetos virtuales de aprendizaje

A continuación se presenta un recorrido histórico por el concepto de OVA'S, luego los trabajos realizados en este ámbito a nivel internacional y nacional.

2.1.1.1 Recorrido Histórico

La aparición de la modalidad de educación virtual fue la punta de lanza para la creación de los OVA'S. La necesidad de ofrecer a los estudiantes herramientas más eficientes que una simple distribución de material bibliográfico puso en vilo a las instituciones de la época. Además en muchos casos los estudiantes no se encontraban en el lugar donde las instituciones dictaban sus cátedras, por lo cual en ocasiones no podrían ser evaluados tomando como base la bibliografía estudiada, debido a esto se debía pensar en una herramienta que ofreciera flexibilidad curricular y se adaptara a la modernidad del mundo (Astudillo, Sanz, & Willging, 2011).

Una de las primeras ideas fue descomponer los contenidos en pequeñas partes para que pudieran ser reutilizadas en diferentes actividades. David Wiley sostenía que “si los docentes reciben el material en componentes individuales esto podría incrementar la velocidad y eficiencia del desarrollo de material instruccional” (Wiley, 2000). Lo anterior ya había sido plateado por Gerard en 1969 quien pensaba que los componentes podrían ser ensamblados y desarmados como un juego de piezas según la necesidad.

En 1994 wayne Hodging utilizó por primera vez el término “Objetos de Aprendizaje”, para nombrar un grupo que tenía en CEDMA, cuyo nombre era “Learning Architectures and Learning Objects” y fue inspirado al ver a su hijo Jugar con las piezas de un juego de LEGO (Astudillo, Sanz, & Willging, 2011).

Durante 1994 y 1995 la empresa Oracle comienza a desarrollar Oracle Learning Application (OLA) que fue un intento por crear un software de autor para diseñar materiales a través de OA. El proyecto de Oracle no prosperó, pero Tom Kelly y Chuck Barritts, responsables del proyecto en Oracle, lo continuaron en Cisco System y, en 1999, presentan Reusable Learning Objects (RLO). Un RLO se creaba combinando una vista, un resumen, una evaluación, y entre 5 y 7 objetos informativos reutilizables (RIO, por sus siglas en inglés). Estos a su vez estaban compuestos por contenidos, actividades y evaluaciones (Cisco Systems, Inc, 1999).

En los años siguientes el concepto de Objeto de Aprendizaje siguió evolucionando, pero esta vez asociado a los metadatos. Con la aparición de estándares de metadatos, y la creación de los primeros repositorios, los autores comenzaron a incluir, en nuevas definiciones de OA, el concepto de información sobre el propio Objeto (Astudillo, Sanz, & Willging, 2011).

2.1.1.2 Ámbito Internacional

Existe un OVA llamado “DNA from the beginning” que permite la enseñanza del ADN ordenada y detalladamente. Cuenta con teoría, animaciones, gráficos y simulaciones acerca del mundo del ADN y cada uno de sus subtemas (Cold Spring Harbor Laboratory, 2000).

Los OVA’S también incursionaron en la música y la acústica de las canciones, creando el sistema “Music Acoustics” en “University of New South Wales”, que permite obtener información acerca de la teoría necesaria para la música y además tiene algunos test como por ejemplo la prueba que mide la capacidad del oído de identificar notas musicales (Wolfe, 2004).

CosmoLearning, fue creado con el objetivo de ofrecer educación online gratuita, este OVA ofrece video conferencias, cursos, documentales, libros, exámenes, apuntes y mucho más, ya que su objetivo es ofrecer el conocimiento universal, como lo expresan las siglas de su nombre (CosmoLearning, 2007).

En Nueva Zelanda se desarrolló un OVA orientado a la enseñanza de las matemáticas llamado NZMath, este le permite el estudio las diferentes temáticas que conciernen a las matemáticas (Álgebra, Geometría, Estadística, entre otras.) además de permitir avanzar por niveles en cada una de estas áreas. Este proyecto fue desarrollado por la plataforma de estudios llamada TE KETE IPURANGUI apoyada por el Ministerio de Educación de Nueva Zelanda (Te Kete Ipurangui, 2010).

La BBC cuenta con un OVA llamado “BBC Learning Schools”, que permite el estudio de las asignaturas básicas de la primaria y secundaria, además prueba el conocimiento adquirido por medio de concursos y test (BBC, 2012).

Blood Pressure es un OVA para enseñar a tomar la presión en las personas, este permite visualización de conceptos previos básicos que se deben tener, tiene una simulación del proceso, y por último un quiz para evaluar al aprendiz (California State University, 2012).

En Brasil se desarrolló un Objeto Virtual de Aprendizaje Inteligente Basado en una Ontología de Multi-Agentes, este OVA es desplegable mediante la WEB y utiliza el estándar de desarrollo de OVA’S SCORM (Carvalho da Silva & Azambuja Silveira, 2007).

2.1.1.3 Ámbito Nacional

El Ministerio de Educación Nacional, desarrolló un proyecto de cobertura e integración de nuevas metodologías y tecnologías en el ámbito de la educación nacional, dicho proyecto consistía en la convocatoria de personal interesado en desarrollar OVA’S para fortalecer el repositorio que hay en el país. Además de esto colocarlos a disposición a nivel nacional e internacional con el fin de posesionar el país como figura importante en el campo de los OVA’S (Ministerio de Educacion Nacional, 2005).

Como continuación al primer proyecto el Ministerio de Educación Nacional busca seguir fortaleciendo su banco de OVA’S, esta vez solicitando a las Instituciones de Educación Superior la provisión de esta clase de material que posean en sus

Corporaciones, los cuales en su mayoría son proyectos de aula que no se les ha dado la trascendencia que deberían tener, con esta iniciativa se estará creando el Banco Nacional de Metadatos de Objetos de Aprendizaje (Ministerio de Educación Nacional, 2007).

Como se ha visto en los dos párrafos anteriores, a nivel nacional el desarrollo de OVA'S empieza a dar sus primeros pasos con la construcción de repositorios de OVA'S, recientemente se han realizado estudios que buscan establecer una manera de estandarizar su elaboración, definiendo pasos o fases en la línea de vida de desarrollo de un OVA. Como prueba de esto se muestra el creación de un modelo estratégico de desarrollo de OVA'S dirigido por la Universidad Pontificia de Cali que “construyó un modelo de diseño de objetos que tiene inmerso un modelo de ciclo de vida de software, un modelo pedagógico, una propuesta de diseño gráfico y de integración de medios, lo que posibilita a los objetos ser reutilizables, interoperables y escalables” (Borrero Caldas, Cruz García, & Mayorga Muriel, 2009).

También existe otro modelo de desarrollo de OVA creado por la Universidad Pontificia Bolivariana llamado “Metova”(**Metodología para el diseño de Objetos Virtuales de Aprendizaje**) que tiene como característica principal la necesaria participación de profesionales en la áreas del conocimiento que requiera la elaboración de un OVA, esta metodología consta de unas 7 etapas (Planeación Conjunta, Propuesta didáctica y comunicativa, Diseño del Aprendizaje, Diseño del Enseñanza, Mapa de Navegación, Guion y Producción) las cuales a su vez se dividen en sub-etapas que buscan suplir cada una de las necesidades del OVA (Patiño Lemos, Peláez Cárdenas, & Villa Agudelo, 2009).

En la Universidad Cooperativa de Colombia, se buscó tener una alternativa para la enseñanza de la programación en la asignatura estructura de datos, por lo cual se desarrolló un OVA web basado en la plataforma moodle para el estudio de dicha asignatura, ofreciendo contenidos teóricos, multimedia y pruebas esenciales en un OVA (Guerrero Julio & Medina Castillo, 2010).

En los últimos años se han venido desarrollando una gran cantidad de OVA´S para fortalecer el repositorio nacional de Colombia Aprende, hoy día esté cuenta con más de 2000 OVA´S disponibles a toda la comunidad estudiantil (Colombia Aprende, 2007).

2.1.2 Realidad aumentada

Aunque la realidad aumentada tiene ya algunos años, en sus inicios sólo era utilizada por expertos en el tema y por aquellas personas que tenían los equipos para su uso. En sus inicios, principalmente fue usada en el cine, cuando se observaban imágenes de animaciones junto con los personajes reales. Con la aparición de las nuevas tecnologías como las 3G y los nuevos dispositivos (Laptops, Smartphone, PDA, entre otros) que son capaces de soportar el procesamiento de imágenes en 3D, es cuando esta tecnología se comienza a introducir más en el mundo cotidiano, como ejemplo de esto se ven muchas aplicaciones de la realidad aumentada en distintas áreas de la ciencia, tales como:

- Arte.
- Antropología.
- Medicina.
- Educación.
- Odontología.
- Geográfica.
- Conducción de Autos.

2.1.2.1 Realidad Aumentada En La Educación

En el ámbito de la educación se resalta a Mark Billinghurst de University of Washington, Hirokazu Kato de Hiroshima City University, Iván Poupyrev de Sony Computer Science Laboratories, que fueron los desarrolladores del MagicBook, una aplicación que permite aumentar los gráficos de un libro físico, para su mejor apreciación y para causar una mayor atracción en los estudiantes. Dicho sistema consta de un display de mano, una estación de procesamiento de gráficos y el libro físico

donde se encuentran los marcadores de referencia para el sistema (Billinghurst, Kato, & Poupyrev, 2001).

Construct3D es una herramienta en tres dimensiones de construcción geométrica diseñada específicamente para la educación matemática y la geometría. Se basa en el sistema móvil de colaboración realidad aumentada “Studierstube Tracker” que es una biblioteca de la visualización por ordenador y la detección de los marcadores de referencia (Institute for Software Technology and Interactive Systems & Vienna University of Technology, 2002).

También se desarrolló un sistema para el estudio del entorno ecológico de las mariposas y su ciclo de vida basada en realidad aumentada en dispositivos móvil, ayudando al estudiante a que se pueda familiarizar de una manera más atractiva al entorno de la mariposa (Tarnng & Ou, 2012).

En Taiwán se desarrolló un sistema que permite el aprendizaje del lenguaje corporal y además apoya los ejercicios físicos, ya que según estudios la parte física-motora es una gran deficiencia en la mayor parte de la población (Hsiao & Rashvand, 2011).

De igual forma se resaltara la implementación de un juego para niños, que permite la enseñanza de letras y palabras utilizando una serie de marcadores como referencia, el juego tiene además pruebas o test que miden el aprendizaje de los niños (Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial & Universidad Politécnica de Valencia, 2010).

En el ámbito nacional la realidad aumentada se ha tomado muchas áreas, en las cuales es aplicada, como lo es la arquitectura, publicidad, juegos, medicina, entre otras.

En el ámbito de la arquitectura se ha desarrollado un software llamado “DRAT” que es usado para la recreación de Estructuras Arquitectónicas Abstractas que buscan desafiar los métodos ortodoxos y en cambio compenetrar la arquitectura con la naturaleza (Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Javeriana de Bogotá, 2008).

En el ámbito local en la ciudad de Cartagena se desarrolló un sistema de apoyo al aprendizaje de la química molecular llamado Molecul-Ar, el cual presenta una serie de modelos 3D representativo de varios tipos de moléculas que varían dependiendo de los marcadores usados para la realidad aumentada. Esta herramienta demostró que para los estudiantes este tipo de ayudas si les permite lograr un aprendizaje significativo, utilizando tecnologías emergentes en la educación (Carrasquilla Estremor, Pinilla Saad, & Tovar Garrido, 2011).

Finalmente, en el ambiente local, estudiantes del programa de ingeniería de sistema la Universidad de Cartagena como trabajo de grado realizaron INSITU, una aplicación de realidad aumentada que busca preservar la memoria histórica de la ciudad de Cartagena a través del tiempo, presentado una serie modelos 3D concernientes a sitios históricos que varían dependiendo de los marcadores para realidad aumentada (Lorett & Marrugo, 2011).

2.1.2.2 Realidad Aumentada en las ciencias de la salud

En Odontología, la realidad aumentada también incursionó así como en muchas áreas de la ciencia dando como resultado un software utilizado en la implantología dental desarrollado por “**D. I. Abadía**” de España en colaboración con el **Dr. José Ignacio Salmerón**, este software muestra la simulación del proceso de reconstrucción oral de una persona, aumentando la quijada y mostrando los pasos detallados para realizar una exitosa rehabilitación oral (Salmerón, José Ignacio, 2010).

Por otra parte en el campo de la medicina se cuenta con un sistema llamado “Freehand SPECT” desarrollado por un grupo de estudiantes aspirantes a doctorado en el Instituto para Procedimientos Médicos Asistidos por Computadora y Realidad Aumentada de la Universidad Técnica de Múnich, el sistema desarrollado por ellos construye y muestra imágenes en 3D de órganos internos de un cuerpo, superpuestas sobre el mismo, ubicados en la parte inmediatamente superior de su ubicación real, con la ayuda de unos trazadores radio-marcados colocados en las partes de interés quirúrgico del paciente, que actúan en conjunto con una sonda de mano que es la encargada de escanear el interior de la persona. Lo que ayuda a distinguir claramente el sitio donde se intervendrá quirúrgicamente (Nassir, Tobias, Lejing, & Thomas, 2012).

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Objetos virtuales de aprendizaje

Los Objetos Virtuales de Aprendizaje u Objetos de Aprendizaje, son herramientas educativas que utilizan las TIC con el fin de lograr contenidos amigables y sustanciosos para las personas que hacen uso de ellos. Estos carecen de un concepto unificado debido a que “no existe un consenso en la definición de objetos de aprendizaje. La idea básica permite una amplia variedad de interpretaciones” (Downes, 2001).

A nivel nacional, para el ministerio de educación de Colombia (MEN) (2006) un Objeto de Aprendizaje es un conjunto de recursos digitales que puede ser utilizado en diversos contextos, con un propósito educativo y constituido por al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. Además, el objeto de aprendizaje debe tener una estructura de información externa (metadato) para facilitar su almacenamiento, identificación y recuperación. Este es un mediador pedagógico que ha sido diseñado intencionalmente para un propósito de aprendizaje y que sirve a los actores de las diversas modalidades educativas (Colombia Aprende, 2008).

En el contexto internacional, se tiene un concepto más general, en el cual es definido como cualquier entidad digital o no digital que puede ser usada, re-usada o referenciada para el aprendizaje soportado en tecnología (Learning Technology Standards Committee, 2002).

2.2.1.1 Características De Los Objetos Virtuales De Aprendizaje

Para crear Objetos de Aprendizaje, estos deben cumplir con una serie de características, las cuales pueden variar según el autor que las presente, para Latorre (2008) conviene que tengan las siguientes particularidades.

- **Reutilización:** Un objeto con capacidad para ser usado en contextos y propósitos educativos diferentes y para adaptarse y combinarse dentro de nuevas secuencias formativas.

- Interoperabilidad: Capacidad para poder integrarse en estructuras y sistemas (plataformas) diferentes.
- Accesibilidad: Facilidad para ser identificados, buscados y encontrados gracias al correspondiente etiquetado a través de diversos descriptores (metadatos) que permitirían la catalogación y almacenamiento en el correspondiente repositorios.
- Durabilidad: Vigencia de la información de los objetos, sin necesidad de nuevos diseños.
- Independencia y autonomía: De los objetos con respecto de los sistemas desde los que fueron creados y con sentido propio.
- Flexibilidad: Versatilidad y funcionalidad, con elasticidad para combinarse en muy diversas propuestas de áreas del saber diferentes.

2.2.1.2 Criterios Para La Construcción De Objetos Virtuales De Aprendizaje Con Calidad

El desarrollo exitoso de un proceso de producción de Objetos de Aprendizaje, involucra múltiples y diversos componentes en sus fases. Esto se debe a que es imposible pensar en dicha producción, como una iniciativa aislada de un docente, particularmente interesado en la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación a su práctica docente. El desarrollo de Objetos de Aprendizaje implica el trabajo coordinado de diferentes actores, que partiendo de un conocimiento interdisciplinario, desarrollan componentes técnicos, académicos y metodológicos, para generar un Objeto de Aprendizaje integrado, coherente y sobre todo útil para el alcance de los objetivos de aprendizaje por parte del estudiante (Universidad de Antioquia, 2009) .

Para la construcción de los OVA'S se debe tener presente que no solo se debe mostrar la temática que se va a tratar, sino que además se tiene que tener en cuenta la esencia con la que son creados, lo que hace de vital importancia cumplir con la calidad de sus recursos. Para Álvarez, Muñoz y Ruiz (2008) “en un sentido general, la calidad se refiere a características mesurables, y concretamente en el caso de los objetos de

aprendizaje, por tratarse de recursos didácticos, se habla del cumplimiento de objetivos pedagógicos y del aseguramiento del aprendizaje”.

Para la consecución de dicha calidad los Objetos de Aprendizaje deben cumplir con una serie de criterios claves que pueden variar por autor, los propuestos por Álvarez, Muñoz y Velásquez (2007) son los siguientes:

- Elementos tecnológicos.
- Elementos pedagógicos .
- Elementos de contenido.
- Elementos estéticos y ergonómicos.

2.2.1.3 Estándares De Objetos De Aprendizaje

El elemento fundamental en la elaboración del OA es el metadato, estos permiten acceder en forma directa al contenido de los objetos de aprendizaje, además indican los elementos necesarios para que los usuarios determinen la pertinencia de los objetos digitales (Katrien Verbert, 2003). Dichos elementos se pueden tomar como una analogía de las fichas usadas en las bibliotecas que especifican autores, editorial, entre otra información del libro, con el fin de ubicar los elementos con la mayor brevedad posible.

Para la elaboración de metadatos se han creado e implementado una serie de estándares, que mejoran, establecen políticas y sugerencias para su uso pero no hay uno general por el cual regirse para la elaboración de estos, entre ellos tenemos los siguientes:

- LOM (Learning Objects Metadata)
Es un estándar multi-parte creado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), para la creación de metadatos de Objetos de Aprendizaje, específica un esquema conceptual de datos, que define la estructura de una instancia de metadatos para un objeto de aprendizaje. Para el presente estándar, una instancia de metadatos para un objeto de aprendizaje describe las características relevantes del objeto de aprendizaje al que se aplica (IEEE, 2002).

- **CanCore**

El objetivo inaugural de la iniciativa de aprendizaje sobre los recursos de metadatos CanCore fue la creación de recomendaciones para la implementación de los campos de la especificación IMS (Instructional Management Systems), además de hacer cumplir el estándar IEEE LOM y agregar aportes de expertos y ejecutores de todo el mundo. Este estándar tuvo su origen en Canadá, se ha desarrollado y estructurado teniendo en cuenta las categorías del LOM (CEN WS-LT, 2003).

- **SCORM (Sharable Content Object Reference Model)**

Trata de satisfacer una serie de requisitos para los objetos de aprendizaje entre los que están: la accesibilidad a través de tecnologías web, la adaptabilidad en función de las necesidades de las personas y de las organizaciones, la durabilidad, independientemente de la evolución de la tecnología, la interoperabilidad para poder ser empleados por diferentes tipos de plataformas y la reusabilidad para su empleo dentro de diferentes aplicaciones y contextos. Su objetivo es el de establecer un modelo de referencia estándar para la creación de objetos de contenido formativo estructurado y facilitar su intercambio en diferentes sistemas educativos (ADL, 2011).

2.2.1.4 Metodologías para el desarrollo de los OVA'S

Existen diversas metodologías para el desarrollo de los OVA'S, dependiendo del autor esta se aborda de diferentes maneras y no hay una establecida, a continuación se presentan algunas de las metodologías investigadas.

- **MEDHIME 2.0**

Metodología para el desarrollo de Objetos Virtuales de Aprendizaje en plataformas libres tipo Moodle, basada en el estándar SCORM, esta metodología posee 4 etapas las cuales están a continuación (Sirvente, 2011).

- Análisis del dominio

En esta etapa se construyen las bases para el desarrollo del material, recabando información sobre las necesidades del usuario y sus expectativas. Esta información es de uso del docente, del informático y del diseñador gráfico. Los elementos que se definen en esta etapa y se materializan en una plantilla de etiquetado. También se agregan plantillas de actividades y evaluaciones.

- Diseño Conceptual

Un modelo conceptual es un conjunto de conceptos que permiten describir la realidad mediante representaciones lingüísticas y gráficas y que, además, deben poseer una serie de propiedades: expresividad, simplicidad, formalidad, por nombrar algunos. En el caso de materiales planos, cuya intencionalidad es transformarlo en material hipermedial, el índice de temas y subtemas suele ser suficiente.

- Diseño navegacional

Aquí se diseñan las rutas que habilitarán la navegación por el hipertexto. Este diseño responderá a cuándo y cómo se quiere que se vean los temas, subtemas o contenidos.

- Diseño comunicacional

Definimos aquí la forma en que los materiales educativos se mostrarán en las pantallas. Cada contenido definido en la etapa de Diseño Navegacional se presentará en una o más páginas, como un conjunto de objetos.

- **Metodología para desarrollo de OVA´S basado en patrones**

Esta metodología consiste en crear patrones de diseños de OVA´S que respondan a necesidades y competencias específicas de diseño (Chan Núñez, Delgado Valdivia, González Flores, & Morales, 2007). Los patrones son desarrollados por medio de la siguiente metodología:

- El modelo educativo ya hizo un análisis previo curricular para determinar las competencias de cada una de las carreras.

- De ese modelo educativo, se seleccionara la competencia genérica. Se considera competencia genérica, aquella que es transversal a varias carreras.
- Diseño de plantillas pertinentes para la presentación de los contenidos informativos, actividades y evaluaciones.
- Patrón con competencia genérica.
- Almacenar en el repositorio de patrones.

Posteriormente esta metodología usa los patrones desarrollados de diseño de OVA´S y los usa en el ciclo de vida del desarrollo de estos.

- Fase 1 - Análisis y Obtención: Es importante identificar una competencia a desarrollar, en base a esto se tiene claro que es lo que se va a enseñar, se identifican los datos generales del OVA, y se obtiene el material didáctico necesario para realizarlo. En esta fase interviene directamente el autor de contenidos (docente).
- Fase 2 - Diseño: En esta fase se hará uso de los patrones ya elaborados con anterioridad, se seleccionara aquel que responda a las necesidades de competencia que se pretende desarrollar, una vez seleccionado, el docente lo llenara con sus contenidos informativos para generar de esta forma el OVA, que genere la competencia específica, anteriormente planteada, finalmente se almacenara en un repositorio de OVA´S.
- Fase 3 - Evaluación: En esta fase se evaluaran el OVA mediante un método de evaluación, en este caso se elaboró un test donde se consideran los siguientes puntos: pertinencia de contenidos, diseño estético y diseño instruccional, es conveniente que exista un grupo de expertos en evaluación de OVA´S, para dar un grado de calidad a los mismos, al finalizar la evaluación pasaran a un repositorio de OVA´S evaluados.
- Fase 4 - Implantación: Después de pasar un proceso minucioso de evaluación, el OA será almacenado en un repositorio de OVA´S evaluados, y del mismo será

integrado en un Sistema de Gestión de Aprendizaje, el cual puede ser propio o comercial, esto es con la finalidad de interactuar con el mismo en un determinado contexto, para hacer uso y re-uso de éste. Esta fase será la pauta para que el OVA sea evaluado por los usuarios del mismo, los cuales pueden proveer una retroalimentación valiosa.

- Fase 5 - Seguimiento del Conocimiento: En la metodología propuesta sexta es una fase importante también, ya que aquí se evaluar si el objeto de aprendizaje cumplió con su objetivo, el generar un aprendizaje por parte del alumno, así como la competencia pertinente. Se considerará la retroalimentación hecha en la fase de implantación por parte de los alumnos, así como un grupo de expertos hará el seguimiento adecuando.

- **Metodología AODDEI**

Es una metodología para desarrollar OVA'S e integrarlos a un sistema de gestión de aprendizaje teniendo en cuenta las siguientes fases: (Álvarez Rodríguez, Arévalo, Muñoz Arteaga, & Osorio Urrutia, 2006):

- Fase 1 - Análisis y Obtención: Es importante identificar una necesidad de aprendizaje (resolver un problema, mejorar, innovar), en base a esto se tiene claro que es lo qué se va a enseñar, se identifican los datos generales del OVA, y se obtiene el material didáctico necesario para realizarlo. En esta fase interviene directamente el autor.
- Fase 2 - Diseño: Es importante dejar claro, cómo se va a enseñar, para esto hay que realizar un esquema general del OVA, el cual indicará cómo están interrelacionados el objetivo, contenidos informativos, actividades de aprendizaje y la evaluación. Es importante considerar en esta etapa el metadato, el cual influirá en la reusabilidad del OVA. En esta fase interviene el autor.

- Fase 3 - Desarrollo: Mediante diversas herramientas computacionales, se armará la estructura del esquema general del OVA elaborado en la fase de diseño. En esta fase es importante que intervenga el Técnico de diseño, para proveer al OVA, de una interfaz adecuada que motive al alumno a aprender. Al final de esta fase se procederá al almacenamiento del mismo.
- Fase 4 - Evaluación: Es importante aclarar que en esta fase no se realizará una evaluación del objetivo de aprendizaje del OVA, sino más bien se evaluará al mismo como un todo, tomando como referencia algunos criterios, al finalizar su evaluación los OA serán almacenados en un repositorio de OVA'S evaluados. En esta fase intervienen los evaluadores.
- Fase 5 - Implantación. El OVA, será integrado en un Sistema de Gestión de Aprendizaje, el cual puede ser propio o comercial, esto es con la finalidad de interactuar con el mismo en un determinado contexto, para hacer uso y re-uso de éste. Esta fase será la pauta para que el OVA sea evaluado por los usuarios del mismo, los cuales pueden proveer una retroalimentación valiosa. En base a esta retroalimentación el docente, podrá detectar si le falta agregar elementos interactivos, o de otro tipo que fomenten el aprendizaje del alumno.

2.2.1.5 Clasificación De Objetos De Aprendizaje

Los OVA'S se clasifican teniendo en cuenta los aspectos a los cuales están ligados como lo es, el uso pedagógico, la reutilización y granularidad, entre otras, a continuación se presenta una clasificación que va de la mano a su uso pedagógico dada por ASTD & SmartForce (2002), ya que se considera acertada, con el fin del proyecto, en lo que concierne a una herramienta pedagógica.

- Objetos de instrucción: Son los objetos que tienen como objetivo apoyar al aprendizaje, donde el aprendiz juega un rol más bien pasivo.
- Objetos de colaboración. Son objetos desarrollados para la comunicación en ambientes de aprendizaje colaborativos.

- **Objetos de práctica:** Son objetos basados en el auto aprendizaje, con una alta interacción del aprendiz.
- **Objetos de evaluación:** Son los objetos que tienen como función hallar el nivel de conocimiento adquirido por el aprendiz.

En la siguiente tabla se resumen estas categorías:

Tabla 1: Clasificación de Objetos de aprendizaje.

Categoría OA	Casos
Objetos de instrucción	Lección
	Work-shops
	Seminarios
	Artículos
	Casos de Estudio
Objetos de colaboración	Monitores de ejercicios
	Chats
	Foros
	Reuniones on-line
Objetos de práctica	Simulaciones
	Juegos de roles
	Simulación de software
	Simulación de Hardware
	Laboratorios on-line
	Proyectos de investigación
Objetos de evaluación	Evaluación de pro eficiencia
	Test de rendimiento
	Test de certificación

Fuente: Recuperado de (ASTD & SmartForce, 2002).

2.2.2 Dispositivos móviles

El vertiginoso avance de la tecnología ha permitido una reducción considerable en el tamaño de los dispositivos móviles sin necesidad de sacrificar su capacidad de procesamiento, estos son cada vez más usados y casi que se han vuelto un elemento indispensable en la cotidianidad de muchas personas.

A continuación se hará mención de algunos de los dispositivos móviles más usados en la actualidad:

2.2.2.1 Teléfonos Inteligentes

Los teléfonos inteligentes o smartphones, son dispositivos móviles que cuentan con una gran variedad de funcionalidades, además de ser teléfonos móviles, contienen reproductores de audio, cámara, visor de archivos entre otras características.

Ilustración 1: Smartphone fabricado por Samsung.



Estos dispositivos permiten conexiones a redes tipo 3G (tercera generación de telefonía móvil), 4G (cuarta generación de telefonía móvil), Wi-Fi (Wireless Fidelity), con lo cual pueden acceder a internet dependiendo de las prestaciones del equipo y las opciones disponibles en el lugar (Muñoz, 2010). Además, poseen la capacidad de intercambiar datos, ya sea por medios inalámbricos como el Bluetooth o por medio alámbricos como lo es el USB (Universal Serial Bus).

Dependiendo del fabricante cada uno de estos dispositivos están integrados por un sistema operativo, entre los más importantes están: Android OS, Blackberry OS, iPhone OS y Windows Phone.

2.2.2.2 Tablet

Se puede decir que una tableta es un híbrido entre un smartphone y una computadora pero con un menor tamaño, esta posee una pantalla táctil con la cual el usuario puede interactuar ya sea con los dedos o con una pluma stylus, lo cual no hace necesario un teclado físico o un ratón para manipularla.

Ilustración 2: Tablet



Al igual que los teléfonos inteligentes, las tabletas también poseen un sistema operativo para su manipulación, actualmente varios de estos disponibles para smartphones también lo están para tabletas, utilizando su potencial y a su vez realizando algunas tareas de una manera diferente, entre los más conocidos se tienen: Android, iOS 6 y Windows RT.

2.2.2.3 Sistemas Operativos Para Dispositivos Móviles

Un sistema operativo no es más que un intermediario entre la parte física o hardware (equipos) y una parte lógico, como lo son las aplicaciones o programas. Para Figueredo (2006) un sistema operativo para dispositivos móviles es la parte principal encargada de administrar los recursos que tiene a disposición para trabajar de la manera más eficiente, cómoda y sin interrupciones, permitiéndole al usuario tener una comunicación fluida a través de un dispositivo haciendo uso de los recursos que el hardware le suministra.

En la actualidad existen un gran número de sistemas operativos desarrollados para móviles. Los más representativos de la industria hoy día son: Android OS, Blackberry OS, iPhone OS y Windows Phone.

- **Android OS**

Android es una pila de software de código abierto creado para los teléfonos móviles y otros dispositivos. El proyecto Android Open Source (PSE), liderado por Google, tiene las tareas de mantenimiento y el desarrollo de Android. Muchos fabricantes han traído los dispositivos con Android al mercado, y se encuentran disponibles en todo el mundo (Google, 2010).

Está basado en el kernel Linux 2.6, su parte vital es controlada por una máquina virtual llamada Dalvik, encargado de optimizar el código de una manera muy rápida. Las aplicaciones son compiladas por el Dalvik bytecode y luego corren en la máquina virtual.

Existen muchas características que hacen de Android un sistema operativo atractivo como las siguientes:

Utiliza una plataforma totalmente libre basada en Linux, lo cual permite desarrollar aplicaciones o modificar las ya existentes, gracias al lenguaje de Java.

Capaz de operar soluciones tecnológicas referentes al uso de redes sociales, correo electrónico, hojas de cálculo, presentaciones, lectura de diferentes formatos de archivos (PDF, XLS, PPT), entre otras cosas.

Posee un portal llamado Google Play, del cual se pueden obtener miles de aplicaciones.

Está construido para ser realmente abierto. Por tal, una aplicación puede llamar a cualquier función básica de un teléfono, como hacer llamadas, enviar mensajes de texto, o usar la cámara.

- **BlackBerry OS**

Es un sistema operativo móvil desarrollado por la marca canadiense Research in Motion (RIM), el cual es utilizado por sus dispositivos BlackBerry. Su primera aparición se remonta a 1999 con la llegada de uno de los primeros PDA, estos dispositivos permiten el acceso a correos electrónicos, navegación entre otras funcionalidades que tienen los teléfonos móviles. Actualmente se encuentra disponible en su versión 10 OS.

Este se ha especializado en soluciones empresariales, con el fin de mantenerlos totalmente conectados, claro está sin olvidar al resto de los usuarios ofreciendo los siguientes servicios:

BlackBerry Enterprise Server (BES): Utilizado para grandes organizaciones permite el acceso a email identificando a cada usuario con un único BlackBerry PIN.

BlackBerry Internet Service (BIS): Es usado por los pequeños usuarios, es programa más sencillo que proporciona acceso a Internet y a correo POP3 / IMAP / Outlook Web Access.

BlackBerry Java Development Environment es un entorno completamente integrado de desarrollo y simulación para crear BlackBerry Java Applications para dispositivos BlackBerry. Gracias a BlackBerry JDE, los desarrolladores pueden crear aplicaciones con el lenguaje de programación Java ME y las API extendidas de Java para BlackBerry (Santa Cruz, 2009).

- **iOS**

Es un sistema operativo desarrollado por Apple, inicialmente solo era usado en los iPhone, posteriormente se implementó en otros tipos de dispositivos de la empresa como lo son el iPad, iPod Touch y el Apple TV. Una de las características de esta firma es que no permite la instalación de software en hardware de tercero. Se deriva de Mac OS X, el cual se basa en Darwin BSD.

Esta plataforma esta implementada en Objective-C, un lenguaje de programación orientado a objetos, el cual es un superconjunto de C que permite mezclar C y C++ de una manera muy fácil. Cocoa Touch es la base de iOS, para esto utiliza dos Frameworks como lo son UIKit y Foundation Frameworks, los cuales contienen todo lo necesario para crear aplicaciones a partir de gráficos en 3D, el audio profesional, la creación de redes e incluso los API especiales de acceso al dispositivo para el control de la cámara, o conseguir la localización GPS del hardware (Apple Inc., 2013).

- **Windows Phone**

Es un sistema operativo móvil desarrollado por Microsoft, es el sucesor de Windows Mobile, la anterior plataforma para móviles. Una de las características principales es que es totalmente incompatible con las versiones anteriores de esta firma debido a la reestructuración total del kernel.

El desarrollo de aplicaciones para este sistema operativo puede hacerse utilizando dos tipos de implementaciones, la primera es a través Microsoft Silverlight que permite realizar aplicaciones que contengan transiciones y efectos visuales. La otra Microsoft XNA Framework está formada por un conjunto de librerías, servicios y recursos para el desarrollo de videojuegos en las diferentes plataformas de juegos de Microsoft (Microsoft, 2012).

2.2.2.4 M- Learning

Con el paso del tiempo, la educación soportada en la tecnología ha experimentado una serie de cambios como consecuencia de los avances tecnológicos llevados a cabo. Con el advenimiento de Internet, surge un nuevo concepto relacionado con las telecomunicaciones como lo son la tele-educación, el aprendizaje basado en la web y como punto final un esquema que formalizo los anteriores llamado E-Learning, el cual hace uso de herramientas multimedia, internet y tecnologías de la web con el fin de soportar el proceso enseñanza-aprendizaje.

Pero actualmente con el auge de la tecnología móvil, ha dado lugar al Mobile Learning o M-Learning, que es definido como la difusión de contenidos formativos a

través de dispositivos móviles. Dado que los usuarios buscan contenidos “Just in time, Just for me” que se ajuste a su perfil y necesidades estos dispositivos deben ser lo suficientemente concretos y manejables (Flétscher Bocanegra & Morales González, 2007).

Ramírez Montoya (2008) define el E-Learning como “la convergencia del E-Learning y el uso de la tecnología móvil, donde se integran tres elementos fundamentales de flexibilidad en el tiempo, espacio y lugar, con el objetos de fortalecer las capacidades de interacción y apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como de comunicación en los distintos procesos del modelo educativo.”

Por el desarrollo de OVA´S, su despliegue en dispositivos móviles y el uso de la realidad aumentada, este proyecto aportó al proceso de investigación en la temática de los M-Learning.

2.2.3 Realidad aumentada

La realidad aumentada consiste en añadir gráficos virtuales, en tiempo real, al campo de visión de una persona. Su finalidad es superponer al entorno real la información que interesa visualizar. Se diferencia de la RV en que mientras ésta pretende reemplazar al mundo real, la otra lo que hace es complementarlo. La primera introduce al usuario en un ambiente informático artificial, pero la realidad aumentada no aleja al usuario de la realidad, sino que lo mantiene en contacto con ella al mismo tiempo que interactúa con objetos virtuales. La realidad aumentada es en la práctica una interfaz alternativa a la pantalla del ordenador que se aplica en diversos campos, como medicina, ocio, mantenimiento de maquinaria, arquitectura, robótica, industria, entre otras (Martínez, 2006).

Esta es una tecnología emergente que se encuentra en desarrollo, con la que al mismo tiempo se ha ido generando un impacto positivo sobre el mercado, gracias a la cantidad de proyectos funcionales que se han y siguen realizando utilizando esta tecnología (Carrasquilla Estremor, Pinilla Saad, & Tovar Garrido, 2011).

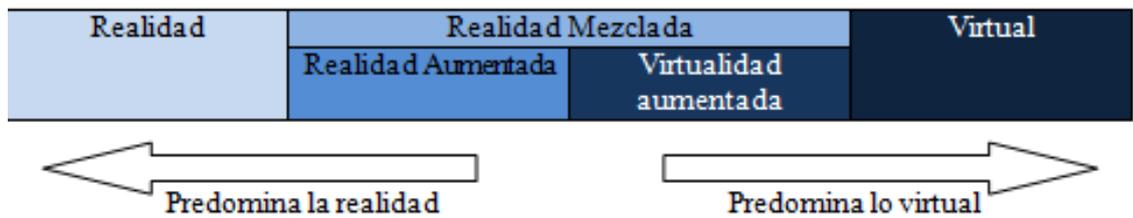
Por ser un campo nuevo, su origen está ligado al de la realidad virtual, aclarando que estas dos no son lo mismo, ya que ideológicamente, la realidad aumenta propone combinar objetos virtuales con el mundo real engrandeciendo este último y donde lo dominante es lo real, mientras que la realidad virtual, busca combinar objetos virtuales con un entorno netamente virtual, por lo que el mundo real pasa a un segundo plano.

2.2.3.1 El Continuo De Milgram

Fumio Kishino y Paul Milgram (1994), plantean el “continuo de virtualidad” o Continuo de Milgram el cual se refiere a la mezcla de objetos presentes en cualquier visualización particular donde los ambientes reales, se muestran en un extremo del continuo y los entornos virtuales, en el extremo opuesto.

El primer caso, a la izquierda, define los entornos que consisten exclusivamente en objetos reales e incluye, por ejemplo lo que se observa a través de una pantalla de vídeo convencional de una escena del mundo real. Un ejemplo adicional incluye la visión directa de la misma escena real, pero no a través de cualquier sistema de visualización electrónica en particular. El último caso, a la derecha, define a los ambientes que consisten únicamente en los objetos, un ejemplo de lo que sería una simulación por ordenador gráfico convencional. Como se indica en la figura, la forma más sencilla de ver un entorno de realidad mezclada, es aquella en la que se presentan los objetos del mundo real y virtual juntos en una sola pantalla, es decir, en cualquier lugar entre los extremos del continuo de la virtualidad.

Ilustración 3: Continúo de la Virtualidad de Milgram.



Para establecer las diferencias de la realidad aumentada y los otros términos tratados en el Continuo de Milgram a continuación se presentará una breve definición de estos.

2.2.3.2 Realidad Mezclada

La realidad mezclada es una fusión entre los contenidos reales y los digitales generados por computadoras. En este, el paradigma de la interacción que se esté usando varía dependiendo de la proporción del mundo real y virtual que se utilice (Kolsouzoglou , 2010).

2.2.3.3 Realidad Virtual

La realidad virtual se podría definir como un sistema virtual que genera en tiempo real representaciones de la realidad y que únicamente se da en el interior de los ordenadores.

La simulación que hace la realidad virtual se puede referir a escenas virtuales, creando un mundo virtual que sólo existe en el ordenador de lugares u objetos que existen en la realidad. También permite capturar la voluntad implícita del usuario en sus movimientos naturales proyectándolos en el mundo virtual que se está generando, proyectando en el mundo virtual movimientos reales (Facultad Informática de Barcelona, 2005).

2.2.3.4 Componentes De La Realidad Aumentada

Para colocar en marcha un sistema con realidad aumentada, es necesario contar con cuatro elementos claves en el proceso, pero es de resaltar que en ocasiones varios de

estos elementos se encuentran inmersos en un mismo dispositivo. Dichos elementos son:

- **Pantalla o monitor:** es aquí donde se visualizará el resultado de mezclar los contenidos virtuales como lo son los objetos 3D con la realidad.
- **Cámara integrada:** este elemento permite capturar la información del mundo real y se la envía al software de realidad aumentada donde será procesada.
- **Software:** es el programa capaz de procesar la información enviada por la cámara y hacer posible la mezcla del mundo real con los objetos virtuales. Dependiendo de la información que recibe, este desplegará un respectivo modelo virtual que enriquece la información captada del mundo real.
- **Marcador u Objetivo:** este elemento contiene la información que necesita procesar el software de realidad aumentada. Dependiendo de los datos contenidos en este se despliega un objeto virtual, teniendo como punto de referencia la posición y ubicación del marcador.

2.2.3.5 Marcadores de Realidad Aumentada

Los marcadores u objetivos son imágenes que almacena cierto tipo de información, la cual puede ser interpretada y procesada por una serie de dispositivos electrónicos (Tablets, SmartPhones, entre otros).

Para su uso, la información inmersa en los marcadores es procesada por un software de realidad aumentada que es capaz de sobreponer contenidos virtuales en el mundo real, dependiendo la información encontrada. Para el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada se busca diseñar patrones que sean sencillos, fáciles y rápidos de detectar por la cámara de un dispositivo. Una vez obtenido el patrón, este se convierte en código (Archivos .PAT) con una serie de valores de blanco y negro inmersos en una matriz y la posición de registro de la codificación resultante, con lo cual podrá ser procesada por el dispositivo electrónico.

2.2.3.6 Realidad Aumentada En Dispositivos Móviles

El avance tecnológico que han tenido estos artefactos, permitió la reducción considerable del tamaño y el aumento de las características funcionales de este tipo de mecanismos, como lo es la capacidad de procesamiento. Lo anterior, ha hecho posible que dispositivos de gran tamaño que antes eran difícil de llevar a la mano, actualmente sean de los preferidos, debido a la practicidad que ofrecen estos productos.

Algunos de los dispositivos móviles existentes en la actualidad que permiten la implementación de la realidad aumentada son los siguientes:

- Teléfonos inteligentes o Smartphone.
- Tablet.

2.2.3.6 Herramientas Para Realidad Aumentada

Para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada existen herramientas que facilitan su gestión, entre las cuales se encuentran las siguientes (Carrasquilla Estremor, Pinilla Saad, & Tovar Garrido, 2011).

- **Nyrtoolkit**

NyARToolKit es una versión de ARToolkit desarrollada exclusivamente en Java. ARToolkit es una biblioteca que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada, en las que se superpone imágenes virtuales al mundo real. Para ello, utiliza las capacidades de seguimiento de vídeo, con el fin de calcular, en tiempo real, la posición de la cámara y la orientación relativa a la posición de los marcadores físicos. Una vez que la posición de la cámara real se sabe, la cámara virtual se puede colocar en el mismo punto y modelos 3D son superpuestos exactamente sobre el marcador real (NyARToolKit, 2010).

Tabla 2: Características de NyARToolKit

Plataformas:	iPhone, Android	
Tipo detección:	Detección de patrones de marcas planas (marcadores)	
Requerimientos:	<ul style="list-style-type: none"> • Smartphone (Android) • Compatibles con versiones Android 2.1 o posteriores. 	
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none"> • Soporte NDK, Permite crear las aplicaciones usando el código nativo y llamar directamente a la API de ARToolkit. • Software libre. 	
Desventajas:	<ul style="list-style-type: none"> • Inestable • Debe tener 100% enfocado el marcador para poder seguir el objeto virtual. 	

Fuente: Recuperado de (NyARToolKit, 2010).

- **Qualcomm Augmented Reality SDK**

El SDK de realidad aumentada de Qualcomm, permite a los desarrolladores crear atractivas aplicaciones para móviles con sistema operativo Android. Dicha plataforma se basa en el reconocimiento de imágenes para realizar el proceso de realidad aumentada y no tanto en la información proporcionada por el GPS.

También ofrece a los desarrolladores la oportunidad de generar experiencias interactivas en 3D de alta calidad con imágenes del mundo real, como las que se utilizan en materiales impresos (libros, revistas, folletos, boletos, letreros, etc.) y envases de productos. Esto debido al desarrollo nativo en Android admitiendo las herramientas de Android (SDK, NDK) y la posibilidad de implementar una extensión de la herramienta de desarrollo de juegos Unity 3D que brinda más velocidad al desarrollar las aplicaciones y obtener un mejor rendimiento en el resultado que otras plataformas similares (Qualcomm AR SDK, 2011).

Tabla 3: Características de Qualcomm.

Plataformas:	iPhone, Android	
Tipo detección:	Detección de patrones de marcas planas (marcadores)	
Requerimientos:	<ul style="list-style-type: none"> • Smartphone (Android) • Compatibles con versiones Android 2.2 o posteriores. 	
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none"> • Es muy estable. • Permite el diseño de marcadores a partir de imágenes de alta calidad. • Una vez cargado el contenido virtual se puede acercar el 	

Fuente: Recuperado de (Qualcomm AR SDK, 2011).

- **Wikitude**

Wikitude es un navegador de realidad aumentada para dispositivos Android, iPhone y BlackBerry, que busca brindar a sus usuarios crear aplicaciones de realidad aumentada de una forma fácil, sin necesidad que este tenga conocimientos previos de programación (Wikitude, 2011).

Tabla 4: Características de Wikitude.

Plataformas:	Android, iPhone, Symbian, BlackBerry	
Tipo detección:	Basado en la Geo localización (GPS)	
Requerimientos:	<ul style="list-style-type: none"> • Smartphone (Android, iPhone, Symbian, Blackberry OS 7). • Requiere que el dispositivo cuente con brújula, un magnetómetro y un acelerómetro. 	
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none"> • Es estable. 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Permite una mejor interacción con las localizaciones en las que se encuentra el usuario en tiempo real. • Ofrece a los usuarios descubrir detalles sobre las cercanías y acceder a artículos relacionados desde Wikipedia, información relevante publicada en redes sociales como Twitter, Facebook o contenido de páginas como YouTube. • Licencia GPL v3.
Desventajas:	<ul style="list-style-type: none"> • No maneja marcadores. • Necesita servicio de internet. • Requiere de dispositivos gama alta.

Fuente: Recuperado de (Wikitude, 2011).

- **AndAr**

AndAr es un proyecto que hace posible el uso de realidad aumentada en móviles bajo plataformas Android, haciendo uso para ello de la librería Artoolkit. Por otro lado, AndAr es un proyecto open source pero también cuenta con una licencia para aplicaciones comerciales (AndAR, 2011).

Tabla 5: Características de AndAr.

Plataformas:	Android	
Tipo detección:	Detección de patrones de marcas planas (marcadores)	
Requerimientos:	<ul style="list-style-type: none"> • Smartphone (Android). • Compatibles con versiones Android 1.5 o posteriores. 	
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none"> • Fue desarrollado bajo licencia GNU GPL v3. 	
Desventajas:	<ul style="list-style-type: none"> • Es inestable. • Poca documentación. • Se encuentra todavía en fase BETA. 	

Fuente: Recuperado de (AndAR, 2011).

- **Arviewer SDK**

Arviewer es un navegador y editor libre de realidad aumentada fácilmente integrable en aplicaciones de Android. Arviewer es el resultado de la modularización del proyecto LibreGeoSocial que fue el primer visor de realidad aumentada en Android liberado bajo una licencia FLOSS (Free and Open Source Software) (ARviewer-SDK, 2011). El navegador de Arviewer permite pintar etiquetas asociadas a objetos de la realidad utilizando la posición GPS y su altitud.

Tabla 6: Características de Arviewer.

Plataformas:	Android	
Tipo detección:	Basado en la Geo localización (GPS) y detección de patrones de marcas planas (marcadores)	
Requerimientos:	<ul style="list-style-type: none"> • Smartphone (Android). • Geo localización (GPS). • Conexión a Internet. 	
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none"> • Permite desplegar cualquier contenido multimedia (imágenes, audio, video y notas). • Permite el uso de realidad aumentada por Geo localización o por detección de marcadores, lo que lo hace interesante para el desarrollo de juegos que logren mezclar estos dos tipos de formas de hacer realidad aumentada. 	
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Es inestable. • Poca documentación. • Se encuentra todavía en fase BETA. 	

Fuente: Recuperado de (ARviewer-SDK, 2011).

2.2.4 Órganos dentales

El diente es un órgano anatómicamente duro, enclavado en los alveolos de los huesos maxilares a través de un tipo especial de articulación denominada gonfosis y en la que intervienen diferentes estructuras. Están constituidos por dos partes, una corona y una raíz.

La corona, es aquella que está recubierta por esmalte y la raíz por cemento. Dichas estructuras se juntan en la unión amelo cementaria. Esta unión, también llamada línea cervical, es claramente visible en el diente normal. La masa principal del diente está compuesta por dentina, que es el color claro en un corte transversal del diente. Este corte muestra una cámara y un conducto pulpares, que normalmente contienen tejido pulpar. La cámara se localiza en la parte coronaria, y el conducto en la raíz. Dichos espacios se comunican entre sí y en conjunto se llaman cavidad pulpar (Stanley J. & Major M., 2009, pág. 4).

Los cuatro tejidos dentales son esmalte, cemento, dentina y pulpa. Los primeros tres se conocen como tejidos duros y el último como tejido blando. El tejido pulpar suministra sangre e inervación al diente. La corona de un incisivo puede tener una cresta o borde incisal, como en los incisivos centrales y laterales; una sola cúspide como en los caninos; dos o más cúspides, como en los premolares y molares. Las crestas incisales y las cúspides constituyen las superficies cortantes de las coronas dentales (Stanley J. & Major M., 2009, pág. 4).

La parte radicular del diente puede ser de una sola raíz, con un ápice o extremo, como suele presentarse en los dientes anteriores y algunos de los premolares; o múltiple, con una bifurcación o una trifurcación, que divide la parte radicular en dos o más raíces con sus ápices o extremos, como en los molares y en algunos premolares. La raíz esta fija en la apófisis ósea de los maxilares, de modo que cada diente se mantiene en su posición respecto a los dientes en el arco dental. La parte del maxilar que sirve de soporte para los dientes se llama apófisis alveolar. El hueso del lecho dental se llama alveolo. En adultos jóvenes, la corona nunca está cubierta de tejido óseo, después de haber brotado completamente, pero sí lo está en un tercio cervical por tejido blando, conocido como encía o tejido gingival (Stanley J. & Major M., 2009, págs. 5,6).

2.2.4.1 Incisivos Superiores Permanentes

Hay cuatro incisivos superiores. Los incisivos centrales están centrados en el maxilar superior, uno a cada lado de la línea media, con la cara mesial de uno en contacto con la cara del otro. Los incisivos centrales superiores e inferiores son los únicos dientes vecinos en los arcos dentales con superficies mesiales en contacto. Los dientes incisivos o laterales superiores derecho e izquierdo, están en sentido distal de los centrales. El incisivo central superior es más grande que el lateral. Estos dientes se complementan en sus funciones y son anatómicamente similares. Son dientes en acción de tijeras o corte. Su función principal es prensar y cortar los alimentos durante el proceso de masticación (Stanley J. & Major M., 2009, pág. 99).

2.2.4.2 Incisivos Inferiores Permanentes

Hay cuatro incisivos inferiores. Los centrales o primarios inferiores están centrados en la mandíbula, uno a cada lado de la línea media, con la cara mesial de cada uno en contacto con la del otro. Los laterales o segundos son distales de los centrales. Están en contacto en sentido mesial con los incisivos centrales y con los caninos en sentido distal. Los incisivos inferiores tienen, en sentido mesiodistal, dimensiones más reducidas que cualquier otro diente. El incisivo central es algo más chico que el lateral, a la inversa de lo que sucede en el maxilar superior (Stanley J. & Major M., 2009, pág. 113).

2.2.4.3 Caninos Superiores E Inferiores Permanentes

Los caninos inferiores y superiores son muy similares entre sí y sus funciones están estrechamente relacionadas. Los cuatro caninos están ubicados en los “ángulos” de la boca y cada uno es el tercer diente desde la línea media, a la derecha e izquierda, arriba y abajo. Son las piezas más largas de la boca; las coronas son generalmente tan largas como las de los incisivos centrales superiores, y las raíces únicas, son más largas que la de cualquier otro (Stanley J. & Major M., 2009, pág. 125).

2.2.4.4 Premolares Superiores Permanentes

Hay cuatro premolares superiores: dos en el maxilar derecho y dos en el izquierdo. Están detrás de los caninos e inmediatamente delante de los molares. Se llaman así porque están delante de los molares en la dentición permanente (Stanley J. & Major M., 2009, pág. 141).

2.2.4.5 Premolares Inferiores Permanentes

Hay cuatro premolares inferiores: dos en el lado derecho y dos en el izquierdo. Están inmediatamente detrás de los caninos inferiores y delante de los molares. Los primeros premolares inferiores se desarrollan a partir de cuatro lóbulos, igual que los premolares superiores. Los segundos premolares inferiores, en la mayor parte de casos. Se desarrollan de cinco lóbulos, tres vestibulares y dos linguales (Stanley J. & Major M., 2009, pág. 157).

2.2.4.6 Molares Superiores Permanentes

Los molares superiores se diferencian en su diseño de todos los dientes hasta ahora descritos. Estos realizan con los molares inferiores la mayor parte del trabajo de masticación y trituración de los alimentos. Son los más grandes y fuertes de las piezas superiores, tanto por su volumen como por su anclaje en los maxilares. Aunque las coronas de los molares piden ser algo más cortas que los premolares, sus dimensiones son mayores en todos los sentidos (Stanley J. & Major M., 2009, pág. 171).

2.2.4.7 Molares Inferiores Permanentes

Los molares permanentes inferiores son más grandes que cualquier otro diente inferior. Hay tres en cada lado de la mandíbula: primero, segundo y tercero son similares entre sí en su forma funcional, aunque la comparación entre ellos muestra variaciones en el número de cúspides y alguna diferencia en tamaño, diseño oclusal, longitud relativa y posición de las raíces (Stanley J. & Major M., 2009, pág. 189).

Por lo investigado en la literatura y las consultas a personal calificado en la temática de la anatomía dental, es claro percibir que existe simetría entre las piezas dentales derechas e izquierdas, por lo que este proyecto se desarrolló en base a 16 piezas y no con todas las 32.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar objetos virtuales de aprendizaje para el estudio de la anatomía de Órganos Dentales en la Facultad de Odontología de la Universidad de Cartagena, utilizando la digitalización de modelos de piezas dentales en 3D y realidad aumentada en dispositivos móviles.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Crear el inventario de los temas, subtemas y objetos de estudio en el área de la anatomía de los Órganos Dentales.
- Desarrollar un banco de modelos 3D, animación y audio con base en el inventario de temas, subtemas y objetos de estudio en el área de la anatomía de Órganos Dentales.
- Desarrollar Objetos Virtuales de Aprendizaje, mediante la integración de los modelos 3D, audio, texto, video y Realidad Aumentada.
- Realizar y documentar las pruebas funcionales de los objetos virtuales de aprendizaje implementados.

4. METODOLOGÍA

En el presente apartado se describe la forma como se realizó la investigación que permitió el desarrollo de los OVA'S para el estudio de la anatomía de los órganos dentales, con el fin de resolver el problema planteado y lograr la consecución de los objetivos propuestos.

EL proyecto está enmarcado en un tipo de investigación aplicada, debido a que busca la implementación de estudios investigativos realizados con anterioridad, los cuales poseen una serie de características específicas inmersas en el contexto del problema. En este caso, se busca realizar objetos virtuales de aprendizaje en dispositivos móviles con realidad aumentada como apoyo a la enseñanza de la anatomía de órganos dentales.

También es descriptiva, ya que tiene interés por describir algunas características fundamentales de una población, situación o área de interés, en este caso concreto la población estudiantil perteneciente a la Facultad de Odontología y la manera como se lleva a cabo la enseñanza de una temática en especial.

Además es experimental por que busca introducir nuevas variables (los OVA'S) en el entorno (la problemática en la enseñanza de la anatomía de los órganos dentales), para luego analizar su comportamiento frente a la metodología actual de estudio y tratar de generalizarlo.

Por otro lado, para la recolección de los datos necesarios para llevar a cabo el proyecto, como fueron las características anatómicas de las piezas dentales, la bibliografía a utilizar como contenidos de los OVA'S entre otras se utilizó la investigación de campo, resaltando las entrevistas y reuniones con el Doctor Salvador Insignares Ordóñez, especialista en Rehabilitación Oral, el cual lleva muchos años como docente de la Facultad de Odontología de la Universidad de Cartagena y ha adquirido mucha experiencia y conocimiento en el área, con lo cual pudo ofrecernos los datos relevantes durante el proceso investigativo. Dichos datos fueron útiles para iniciar el proceso de desarrollo del material inmerso en los OVA'S como lo son los modelos 3D, los contenidos informativos, evaluación, entre otros. Como prueba de esto se

encuentran una serie de documentos a manera de anexos digitales, los cuales son nombrados en los siguientes numerales.

4.1 DISEÑO UTILIZADO

La investigación estuvo enmarcada en el desarrollo de OVA'S para el estudio de la anatomía de órganos dentales en la Facultad de Odontología de la Universidad de Cartagena, para lo cual fueron necesarias una serie de entrevistas y reuniones con el Doctor Salvador Insignares Ordóñez, especialista en Rehabilitación Oral, quien colocó a disposición toda la documentación, explicaciones y guía concerniente a la temática de los órganos dentales, información con la que se pudo identificar la competencia a desarrollar, los datos generales de los OVA'S y el listado de temas y subtemas a trabajar con respecto a las 16 piezas dentales esenciales en la enseñanza de la temática (objetivo específico No. 1). Luego con dicha información se procedió a desarrollar el banco de modelos 3D y los diferentes contenidos como el texto y el audio (objetivo específico No.2). Es importante resaltar que esta etapa estuvo guiada por el Doctor Salvador Insignares Ordóñez con el fin de valorar la concordancia de los objetos 3D desarrollados y su pertinencia en la temática.

Seguidamente se diseñó la forma como están relacionados el objetivo, los contenidos y las actividades de aprendizaje, se realizaron una serie de indagaciones, con las cuales se buscaba identificar, analizar y probar los componentes que mejor se adaptaban a la investigación, sus ventajas y desventajas, para al final mezclar los contenidos obtenidos en las fases anteriores y los nuevos componentes de realidad aumentada en dispositivos móviles, con lo cual se establecieron los OVA'S (objetivo específico No. 3).

Posteriormente se pasó a realizar y a documentar las pruebas funcionales de los OVA'S desarrollados, primero colocándolos a disposición de personal calificado en la enseñanza de la temática en cuestión, con lo cual se buscó corregir fallos en la manera de presentar los contenidos. Superado esto, pasaron a manos de los estudiantes de la Facultad de Odontología, los cuales dieron su punto de vista en relación a la pertinencia de los contenidos suministrados (objetivo específico No. 4).

4.2 PROCEDIMIENTO

Con el fin de cumplir con el objetivo, desarrollar OVA'S para el estudio de la anatomía de órganos dentales en la Facultad de Odontología de la Universidad de Cartagena, utilizando la digitalización de modelos de piezas dentales en 3D y realidad aumentada en dispositivos móviles, se mezclaron 2 metodologías, utilizando las características respectivas que mejor se adaptaron a la investigación, las cuales son AODDEI y la ingeniería de software basada en componentes (ISBC).

De AODDEI se utilizaron 5 fases, de la primera fueron útiles todos los pasos 1,2 y 3 (Análisis, obtención y digitalizar el material), debido a que fue necesario establecer las bases de los OVA'S y los contenidos que se presentarían en este.

De la fase 2 se usó el paso 4(Arme la estructura del OVA), en el cual se estableció la manera como serian diseñados los OVA'S. De la fase 3, solo fue útil el paso 5 (Armado), en el cual se ensamblaron todos los componentes de los OVA'S obtenidos en las fases anteriores. Los pasos 6 y 7(Empaquetar y almacenar el OVA en un repositorio temporal) de la fase 3 son utilizados para empaquetar y almacenar OVA'S orientados a software de escritorio y páginas web, cosa que no es el objetivo de esta investigación por lo cual se omiten.

En la fase 4, solo se usó el paso 8 (Evaluar el OVA) el cual permitió examinar la pertinencia de los OVA'S. El paso 9 (Almacenar el OA en un repositorio de OVA'S evaluados) plantea almacenar los OVA'S en un repositorio de OVA'S evaluados, el cual se omitió con el fin de hacer una sola publicación final en la fase 5 llamada implantación.

De la ingeniería de software basada en componentes (ISBC), se utilizaron las 5 fases, las cuales son comunicación con el cliente, planificación, análisis de riesgos, Construcción y adaptación de los componentes de ingeniería y evaluación del cliente.

La primera metodología se usó como la base para la formación de la estructura del OVA'S y la segunda debido a que los objetos no se construyeron desde cero, sino que

se hizo uso de componentes para la implementación de la realidad aumentada que ya se encontraban desarrollados, los cuales fueron reutilizados y aplicados para cumplir los objetivos propuestos en un lapso menor de tiempo, también fue usada porque a lo largo de sus fases puede ser complementada con el ciclo de desarrollo de los OVA'S planteado en la otra. Estas metodologías permitieron construir OVA'S utilizando nuevas tecnologías emergentes, lo cual se presenta como reto e innovación para la investigación. En la siguiente tabla se encuentra explícita la manera como fueron mezcladas estas y los objetivos específicos (O.E.) que se cumplen en cada una de las fases finales.

Tabla 7: Metodologías y su relación con los objetivos específicos.

AODDEI		ISBC	MIXTA	O. E.
Fases:	Pasos:	-Comunicación con el cliente.	-Análisis del negocio.	1 y2
1: Análisis y obtención.	1: Análisis. 2: Obtención del material.			
2: Diseño.	4: Armado de la estructura del OVA.	-Planificación. -Análisis de riesgos.	-Diseño e Identificación de herramientas.	3
3: Desarrollo.	Paso 5: Armado.	-Construcción y adaptación de los componentes de ingeniería.	-Construcción y adaptación de los componentes de ingeniería.	3
4: Evaluación. 5: Implantación.	8: Evaluación del OVA. 10: Integrar el OVA a un sistema de gestión de aprendizaje.	-Evaluación del cliente.	-Evaluación e implantación.	4

5. DESARROLLO

En este apartado se describen las 4 fases que conforman la metodología utilizada para cumplir el objetivo de la investigación, obteniendo como resultado OVA'S para el estudio de la anatomía de los órganos dentales, utilizando la digitalización de modelos de piezas dentales en 3D y realidad aumentada en dispositivos móviles.

5.1 ANALISIS DEL NEGOCIO

En esta primera fase se estableció comunicación con el Doctor Salvador Insignares Ordóñez, Odontólogo y especialista en Rehabilitación Oral, quien posee gran conocimiento y experiencia en la enseñanza de la anatomía de los órganos dentales en la Facultad de Odontología de la Universidad de Cartagena, conoce las fortalezas, debilidades y la importancia de utilizar las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Los soportes de estas reuniones se encuentran de manera digital en los anexos Reuniones.

Gracias a esta serie de entrevistas y reuniones se estableció como temática a enseñar: la anatomía de los órganos dentales, dirigida a los estudiantes de odontología de tercer semestre. Es de resaltar que se cuenta con una aplicación general llamada “AppTooth Full” en la cual se encuentran los 16 OVA'S correspondientes a las piezas dentales. Además se cuenta con otras 4 aplicaciones que son secciones de la general, dividida por tipos de dientes en: Incisivos, Caninos, Premolares y Molares, esto se hizo con el fin de facilitar el uso de la aplicación en dispositivos con menores recursos hardware y software. En el apartado “5.4.1 EVALUACIÓN PERSONAL CALIFICADO” se encuentra ampliada esta información. En las siguientes tablas se presenta la información general de cada aplicación.

Tabla 8: Plantilla análisis aplicación general.

Análisis	
Nombre de los OVA'S	APPTOOTH Full
Descripción	Los OVA'S presentan los modelos 3D distintivos de las 16 piezas dentales, enfatizando en sus características anatómicas, valles, surcos, entre otras, mejorando su apreciación perspectiva-profundidad al momento de enfocar estos órganos. También consta de una evaluación para cuantificar el grado de apropiación de la información por parte del estudiante usuario del aplicativo.
Nivel Escolar al que va dirigido	Estudiantes cursando pregrado en odontología.
Perfil del Alumno al cual va dirigido	Estudiantes en tercer semestre de odontología, que estén matriculados en materias relacionadas con la anatomía de los órganos dentales.
Objetivo de aprendizaje	Apoyar la apropiación del conocimiento en la temática de los órganos dentales.
Granularidad	Está dividido en 16 temas correspondientes a las piezas dentales, dada la simetría de ellas.

Tabla 9 : Plantilla análisis aplicación Incisivos.

Análisis	
Nombre de los OVA'S	APPTOOTH INCISIVOS
Descripción	Los OVA'S presentan los modelos 3D distintivos de las 4 piezas dentales, enfatizando en sus características anatómicas, valles, surcos, entre otras, mejorando su apreciación perspectiva-profundidad al momento de enfocar estos órganos. También consta de una evaluación para cuantificar el grado de apropiación de la información por parte del estudiante usuario del aplicativo.
Nivel Escolar al que va dirigido	Estudiantes cursando pregrado en odontología.
Perfil del Alumno al cual va dirigido	Estudiantes en tercer semestre de odontología, que estén matriculados en materias relacionadas con la anatomía de los órganos dentales.
Objetivo de aprendizaje	Apoyar la apropiación del conocimiento en la temática de los órganos dentales.

Granularidad	Está dividido en 4 temas correspondientes a las piezas dentales, dada la simetría de ellas.
---------------------	---

Tabla 10: Plantilla análisis aplicación Caninos.

Análisis	
Nombre de los OVA'S	APPTOOTH CANINOS
Descripción	Los OVA'S presentan los modelos 3D distintivos de las 2 piezas dentales, enfatizando en sus características anatómicas, valles, surcos, entre otras, mejorando su apreciación perspectiva-profundidad al momento de enfocar estos órganos. También consta de una evaluación para cuantificar el grado de apropiación de la información por parte del estudiante usuario del aplicativo.
Nivel Escolar al que va dirigido	Estudiantes cursando pregrado en odontología.
Perfil del Alumno al cual va dirigido	Estudiantes en tercer semestre de odontología, que estén matriculados en materias relacionadas con la anatomía de los órganos dentales.
Objetivo de aprendizaje	Apoyar la apropiación del conocimiento en la temática de los órganos dentales.
Granularidad	Está dividido en 2 temas correspondientes a las piezas dentales, dada la simetría de ellas.

Tabla 11: Plantilla análisis aplicación Premolares.

Análisis	
Nombre de los OVA'S	APPTOOTH PREMOLARES
Descripción	Los OVA'S presentan los modelos 3D distintivos de las 4 piezas dentales, enfatizando en sus características anatómicas, valles, surcos, entre otras, mejorando su apreciación perspectiva-profundidad al momento de enfocar estos órganos. También consta de una evaluación para cuantificar el grado de apropiación de la información por parte del estudiante usuario del aplicativo.
Nivel Escolar al que va dirigido	Estudiantes cursando pregrado en odontología.

Perfil del Alumno al cual va dirigido	Estudiantes en tercer semestre de odontología, que estén matriculados en materias relacionadas con la anatomía de los órganos dentales.
Objetivo de aprendizaje	Apoyar la apropiación del conocimiento en la temática de los órganos dentales.
Granularidad	Está dividido en 4 temas correspondientes a las piezas dentales, dada la simetría de ellas.

Tabla 12: Plantilla análisis aplicación Molares.

Análisis	
Nombre de los OVA'S	APPTOOTH MOLARES
Descripción	Los OVA'S presentan los modelos 3D distintivos de las 6 piezas dentales, enfatizando en sus características anatómicas, valles, surcos, entre otras, mejorando su apreciación perspectiva-profundidad al momento de enfocar estos órganos. También consta de una evaluación para cuantificar el grado de apropiación de la información por parte del estudiante usuario del aplicativo.
Nivel Escolar al que va dirigido	Estudiantes cursando pregrado en odontología.
Perfil del Alumno al cual va dirigido	Estudiantes en tercer semestre de odontología, que estén matriculados en materias relacionadas con la anatomía de los órganos dentales.
Objetivo de aprendizaje	Apoyar la apropiación del conocimiento en la temática de los órganos dentales.
Granularidad	Está dividido en 6 temas correspondientes a las piezas dentales, dada la simetría de ellas.

5.1.1 Requerimientos

Durante estas reuniones también se establecieron los requerimientos funcionales y no funcionales que deben cumplir los OVA'S, lo cual se encuentra como evidencia digital en el anexo Requerimientos. En las siguientes tablas son presentados estos.

Tabla 13: Requerimientos Funcionales de los OVA'S.

Requerimientos Funcionales		
Identificación	Nombre	Descripción
R1	Detectar Marcador U Objetivo	Reconoce patrones en imágenes previamente establecidas como marcadores.
R2	Visualizar Órgano Dental	Permite visualizar el Modelo 3D de un órgano dental específico.
R3	Visualizar Pulpa	Permite visualizar la pulpa de un órgano dental específico.
R4	Rotar Órgano Dental	Permite rotar libremente el órgano dental de 0 a 360° en los ejes XYZ.
R5	Ampliar / Reducir Órgano Dental	Permite ampliar o reducir un órgano dental en cuestión.
R6	Realizar Evaluación	Permite realizar un test con base a la temática presentada.
R7	Reproducir Sonido Teoría	Permite reproducir el audio relacionado con la teoría correspondiente a cada pieza dental.

Tabla 14: Requerimientos No Funcionales de los OVA'S

Requerimientos No Funcionales		
Identificación	Nombre	Descripción
R1	Usabilidad	Facilidad en el uso de las características de la aplicación.
R2	Rapidez de Ejecución	Buen desempeño de las funcionalidades en el menor tiempo posible.
R3	Uso de los colores apropiados en las piezas dentales	Las piezas dentales deben utilizar colores correspondientes a las reales.
R4	Pertinencia de los contenidos informativos	Los contenidos teóricos deben estar acorde con la temática y la pieza dental correspondiente.
R5	Pertinencia del contenido evaluativo	La evaluación debe ser acorde al componente teórico presentado.

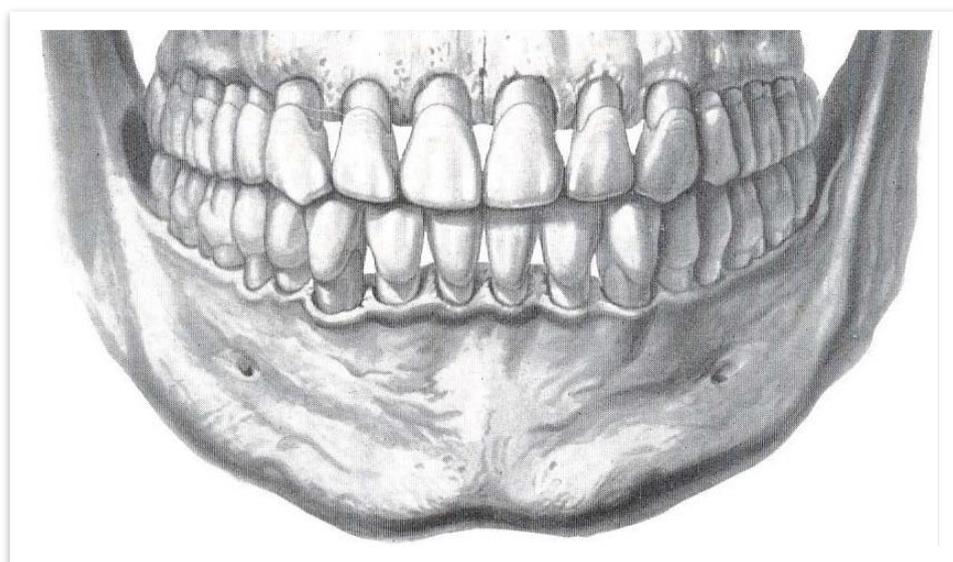
5.1.2 Inventario

Luego con el fin de cumplir con los objetivos específicos 1 y 2, por medio de las entrevistas se recolectó gran cantidad de información que permitió distinguir los objetos a realizar (soporte digital anexo Inventario), como se puede ver en la siguiente tabla e ilustración a continuación.

Tabla 15: Piezas dentales a modelar.

Órganos Dentales	
➤ Incisivo central inferior	➤ Incisivo central Superior
➤ Incisivo lateral superior	➤ Incisivo lateral inferior
➤ Canino superior	➤ Canino inferior
➤ Primer premolar superior	➤ Primer premolar inferior
➤ Segundo premolar superior	➤ Segundo premolar inferior
➤ Primer molar superior	➤ Primer molar inferior
➤ Segundo molar superior	➤ Segundo molar inferior
➤ Tercer molar superior	➤ Tercer molar inferior

Ilustración 4: Vista anterior de un cráneo adulto.



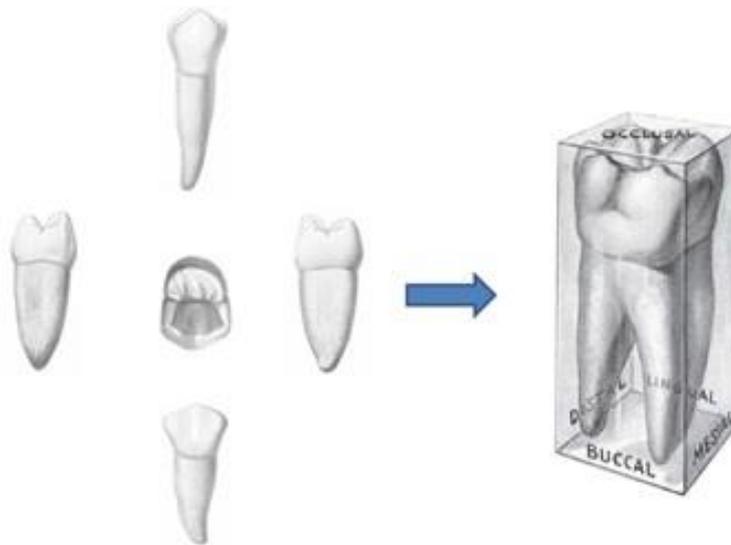
Fuente: Recuperado de (Pineda Paz, 2004)

5.1.3 Construcción de modelos 3D

Para la construcción de los modelos 3D, concerniente a las piezas dentales se usó el software de modelado Blender el cual se encuentra bajo licencia GPL y es poseedor de una gran comunidad de desarrollo a nivel mundial, además que se contaba con el conocimiento y experiencia en dicha herramienta, lo cual significó un ahorro en tiempo de desarrollo.

En primera instancia se tomaron imágenes por separado cada una de las caras de la pieza dental y luego se unificó todo en un modelo 3D. Esto se realizó gracias a la continua guía del Doctor Salvador Insignares, a través de una serie de valoraciones realizadas hasta constatar la veracidad del modelo 3D con la pieza dental (soporte digital anexo Validación Modelos 3D). Esto se puede ver en la siguiente ilustración.

Ilustración 5: Vistas parciales de la pieza dental y su forma final.



En las siguientes ilustraciones se pueden visualizar dos modelos hechos en Blender, lo cual permitió evidenciar el cumplimiento de gran parte del objetivo específico número 2, ya que se logró la obtención del material didáctico para el desarrollo de los OVA'S.

Ilustración 6: Incisivo Lateral Superior, modelado en Blender.



Ilustración 7: Segundo Premolar Superior, modelado en Blender.



Luego de obtener los modelos 3D representativos de las piezas dentales, se pasó a recolectar la información teórica que está inmersa en los OVA'S (soporte digital Anexo D). Cada pieza posee un marco teórico pertinente en el cual se explica de manera sencilla las características presentadas en sus diferentes vistas (mesial, distal, oclusal/incisal, lingual, facial). También se obtuvo en esta fase las preguntas a realizar en el proceso evaluativo (soporte digital Anexo I) y los audios correspondientes a cada pieza dental (Estos archivos se encuentran en los soportes digitales carpeta Audios). Es de aclarar que este proceso también estuvo guiado por el Doctor Insignares, el cual examinó y

corroboró la pertinencia de los contenidos teóricos y evaluativos realizados, lo cual se encuentra evidenciado en el soporte digital Validación contenidos.

5.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS

En el siguiente apartado se presenta la manera como están relacionados los objetivos, los contenidos informativos, las actividades y la evaluación, como parte del diseño en la estructura del objeto de aprendizaje. Luego se muestra la investigación realizada sobre algunos componentes que facilitaron el uso de la realidad aumentada en el proyecto, las ventajas y desventajas de cada uno de estos.

5.2.1 Diseño

Tomando como punto de partida que los objetos de aprendizaje buscan apoyar la apropiación del conocimiento en la temática de los órganos dentales, los contenidos se relacionan de la siguiente manera:

- **Contenidos informativos:** Cada pieza dental que constituye un OVA, presenta una serie de etiquetas sobre los rasgos característicos de su anatomía y si el usuario lo desea puede acceder a otro contenido informativo un poco más detallado acerca de la pieza dental.
- **Actividades:** En primera instancia el OVA presenta un control manual, en el cual la pieza dental permite ser manipulada, por ejemplo girarlo 360° en el eje seleccionado, se puede acercar, alejar y visualizar la cavidad pulpar del diente. Por otro lado se tienen los controles automáticos, los cuales presenta la pieza dental en unas posiciones preestablecidas (Mesial, Distal, Oclusal/Incisal, Lingual y Facial), en las cuales solo basta con seleccionar el tipo de vista y el objeto se posiciona al instante.

Estas actividades son realizadas con el propósito de apoyar la apropiación de los conceptos presentados a los usuarios de los OVA'S.

- Evaluación: Con el fin de medir el nivel de apropiación de los conceptos expuestos en los OVA´S, se realizó un test de selección múltiple con única respuesta y al final se hace una retroalimentación de los resultados obtenidos.

Es preferible que los contenidos (Informativos, actividades y evaluación) sean usados en el orden mencionado, con el fin de verificar la pertinencia de los OVA´S.

5.2.2 Identificación de Herramientas

En esta fase se identificaron varias herramientas que ofrece el mercado para el desarrollo de la realidad aumentada en dispositivos móviles, para esto se tuvieron en cuenta las siguientes:

- Nyartoolkit
- AndAr
- Wikitude
- Qualcomm SDK
- ARviewer SDK

Estas librerías fueron descritas en el apartado 2.2.2.6 “Herramientas Para Realidad Aumentada”.

5.2.3 Análisis de Herramientas

La diversidad de herramientas para desarrollar aplicaciones utilizando realidad aumentada en dispositivos móviles, hizo necesario indagar en las características que brinda cada una, con el fin de establecer bases que permitieron elegir la herramienta que mejor se adaptara a la consecución de los objetivos.

A continuación se presentan los aspectos que se consideraron más relevantes a la hora de seleccionar un entorno de desarrollo.

Tabla 16: Características establecidas como prioridad.

ASPECTO	DESCRIPCION
Detecta del Marcador	Detecta el marcador con un alto grado de eficacia.
Estable	El contenido 3D se mantiene en el tiempo de ejecución.
Diversidad de Formatos 3D	Es compatible con modelos 3D de diferentes extensiones (ej.: .blend, .fbx, .obj).
Free Software	Su licencia es libre.
Comunidad	Posee una comunidad amplia.
Desarrollo multiplataforma	Permiten desarrollar para diferentes Sistemas Operativos de Dispositivos Móviles (ej.: Android y iOS).
Interacción Modelo 3D	Permite la libre manipulación del modelo 3D.
Contenido Multimedia	Permite agregar contenido multimedia.

La siguiente tabla comparativa contrasta cada SDK con los aspectos mencionados en la anterior tabla, los ítems que se presentan toman como base las características descritas en el apartado 2.2.2.6 “Herramientas Para Realidad Aumentada” por lo cual los datos presentados son un conglomerado de dicho apartado.

Tabla 17: Comparación entre herramientas.

	Nyartoolkit	Wikitude	Andar	AR viewer	Qualcomm SDK
Detecta del Marcador	si	No	si	no	si
Estable	No	Si	no	no	si
Diversidad de Formatos 3D	Si	No	si	no	si
Free Software	Si	Si	si	si	no
Documentación	Si	No	no	no	si
Comunidad	No	No	no	no	si
Desarrollo multiplataforma	Si	Si	no	no	si
Interacción Modelo 3D	Si	No	si	no	si
Contenido Multimedia	Si	Si	si	si	si

Después del análisis de herramientas mencionado en la tabla anterior, se seleccionó una para el desarrollo de los OVA'S, la cual fue Qualcomm SDK, debido a que es más estable y posee una gran comunidad de desarrollo, lo cual permitió tener acceso a una mayor cantidad de información, además del conocimiento y manejo previo de Qualcomm lo cual reduce en gran manera el tiempo de desarrollo de los OVA'S.

Otras librerías como Wikitude y ARViewer fueron descartadas por el hecho de que el desarrollo en ellas está orientado a la tecnología GPS lo cual no corresponde al ámbito de los OVA'S. NyarToolKits y Andar también fueron descartadas por no ser tan estables al momento de mostrar el modelo 3D.

5.3 CONSTRUCCIÓN Y ADAPTACIÓN DE LOS COMPONENTES DE INGENIERÍA

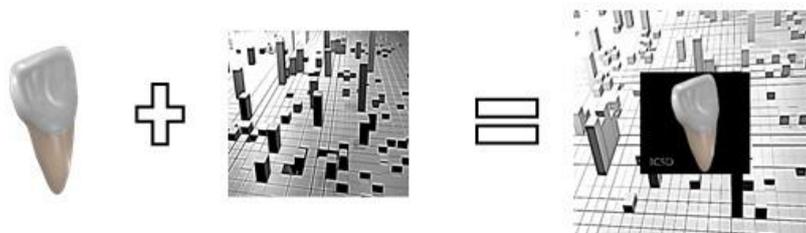
En esta fase se realizaron cada uno de los marcadores de realidad aumentada correspondiente a las piezas dentales. Además se llevó a cabo el desarrollo de la aplicación que corresponde a la formación de los OVA'S como tal, utilizando cada uno de los elementos generados en las fases anteriores como lo son los modelos 3D, contenidos teóricos, contenidos evaluativos, audios y marcadores.

5.3.1 Construcción de los marcadores

En esta instancia se debe tener en cuenta varios aspectos relevantes para que los algoritmos puedan crear puntos de relación y así diferenciarlos, dichos aspectos son:

- El contraste de colores, se deben manejar varios colores que tengan buen contraste entre sí.
- La cantidad de vértices en la imagen (las imágenes redondeadas generan muy pocos puntos de referencia).
- Que los puntos que generan vértices no sean repetitivos porque la aplicación no sabría en que parte del marcador se encuentra.

Ilustración 8: Marcadores realidad aumentada.



Todas estas imágenes resultantes se encuentran disponibles en la carpeta Marcadores en los anexos.

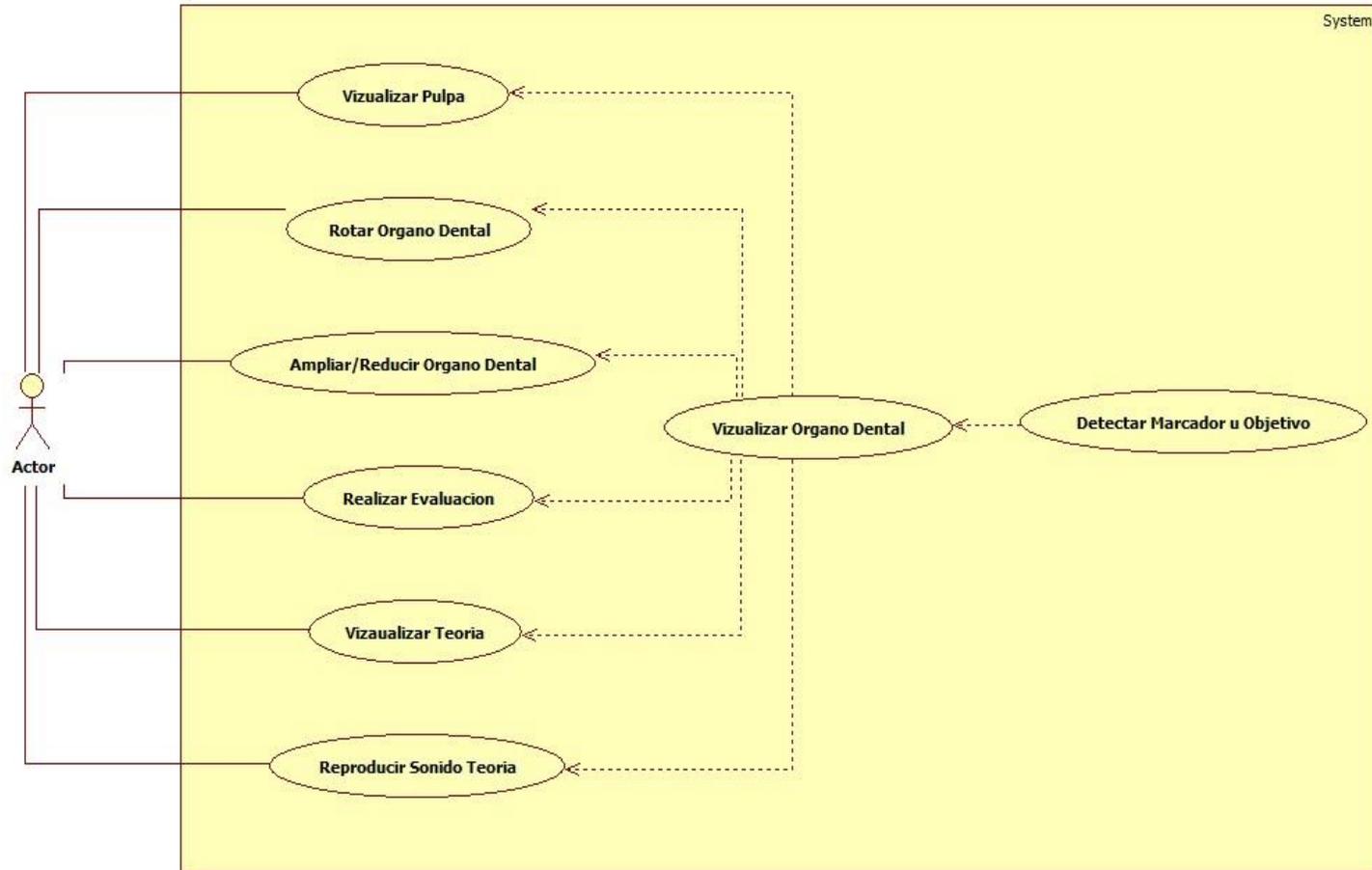
5.3.2 Construcción de la aplicación

Para la especificación del diseño utilizado se optó por el estándar UML, la parte estructural del sistema se representa a través de un diagrama de componentes, con el cual se describe el ensamble de los componentes de la aplicación contenedora de los OVA'S y, en el caso de su comportamiento; a través de una vista de escenarios. Como se muestra a continuación.

5.3.2.1 Vista de escenarios

La vista de escenarios muestra el comportamiento de los OVA'S al momento que el usuario haga uso de ellos y se representa a través del diagrama de casos de usos. Como se puede ver en la siguiente ilustración.

Ilustración 9: Diagrama de Casos de Uso.



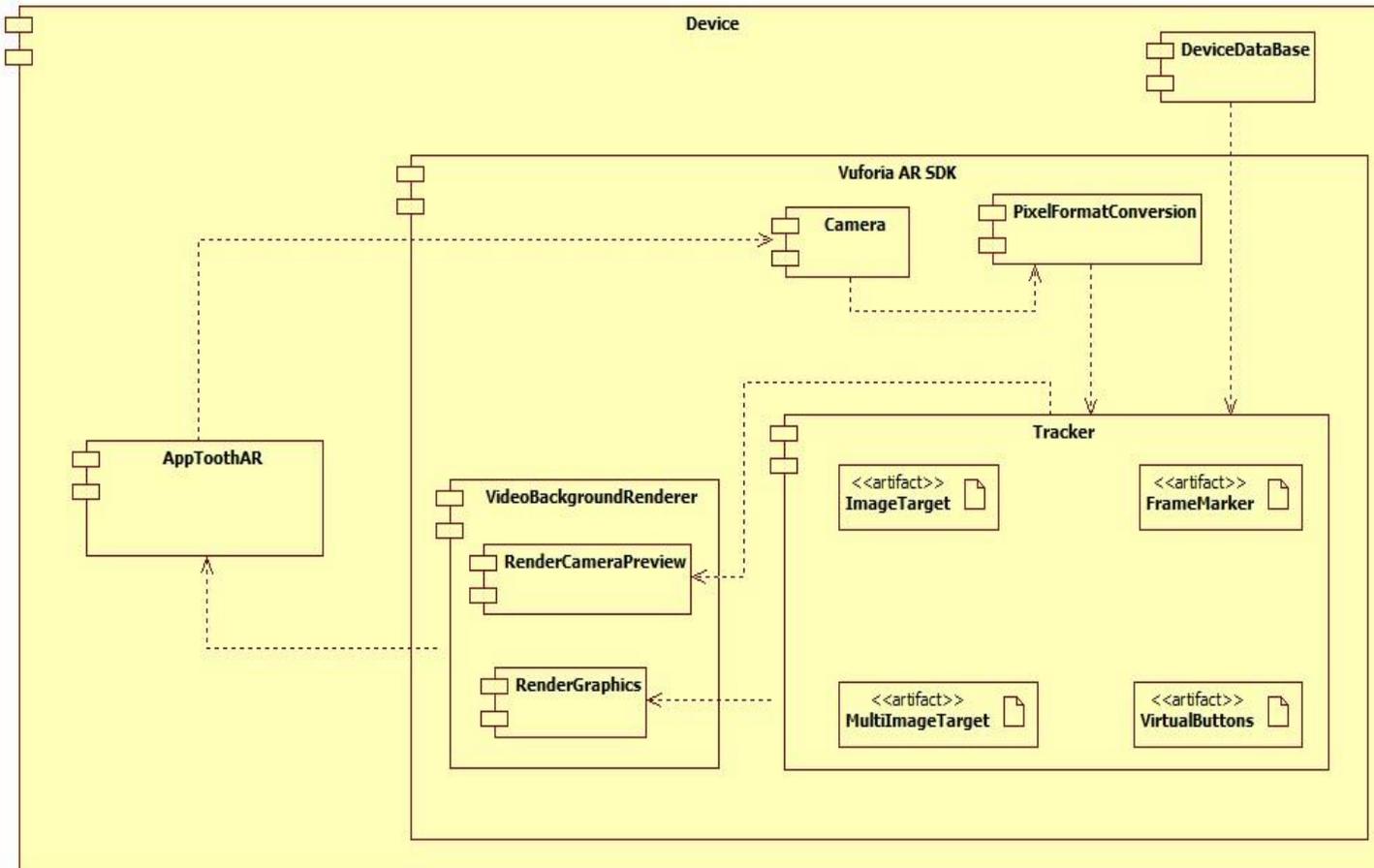
Como primera medida, cada objeto debe estar en la capacidad de detectar un marcador u objetivo, el cual se encuentra vinculado a una pieza dental específica, para así poder ser desplegada y el estudiante pueda visualizar el OVA.

Luego de poder detectar el marcador y el órgano dental es visualizado, este se puede rotar 360° sobre sus ejes, se puede ampliar o reducir según el gusto del estudiante, también puede visualizar la pulpa correspondiente a la pieza dental y como punto final el usuario puede realizar una evaluación con el fin de corroborar la información presentada por los OVA'S.

5.3.2.2 Diagrama de componentes

El diagrama de componentes muestra cómo están relacionados cada uno de los elementos constitutivos de la aplicación que permiten su funcionamiento, así como se puede ver en la siguiente ilustración.

Ilustración 10: Diagrama de componentes.



El proceso lo inicia la cámara del dispositivo móvil. La cámara envía cada captura o frame de las imágenes que son tomadas por la misma, estos Frame son enviados al componente Pixel Format Conversión (Convertidor de Formato de Pixel) que convierte la imagen capturada a un formato compatible con OpenGL ES 2.0, posteriormente es enviado al Tracker (Seguidor), este componente posee un conjunto de algoritmos encargados de validar y comparar los Frame con las Imágenes o Marcadores que se encuentran en Device Database (Base de Datos en Dispositivo) o Cloud Database (Base de Datos en la Nube) según sea el caso, luego el siguiente paso es enviar la información al video background renderer quien determina si la imagen capturada corresponde a un marcador, si esto es correcto este componente renderizará los modelos 3D en la pantalla del dispositivo móvil. A continuación se describen los componentes existentes en el anterior diagrama.

- **Cámara**

El componente de la cámara se asegura de que cada cuadro de vista previa se capturó y pasó de manera eficiente al tracker. El desarrollador sólo tiene que inicializar la cámara para iniciar y detener la captura. El Frame de la cámara se entrega de forma automática en un dispositivo dependiente del formato y el tamaño de la imagen.

- **Image Converter**

El convertidor de formato de píxel convierte desde el formato de la cámara (por ejemplo, YUV12) a un formato adecuado para OpenGL de representación y para el seguimiento internamente. Esta conversión también incluye la disminución de resolución para que la imagen de la cámara esté disponible en diferentes resoluciones en el convertidor de Frame.

- **Tracker**

El componente de seguimiento contiene los algoritmos de visión computarizados que permiten detectar y rastrear objetos del mundo real en los Frame de la cámara de vídeo. Basado en la imagen de la cámara, diferentes algoritmos se encargan de la detección de nuevos objetivos o marcadores y la evaluación de los botones virtuales. Los resultados se almacenan en un objeto de estado que es utilizado por el procesador de vídeo de

fondo (Video Background Renderer) y se puede acceder desde el código de la aplicación. El seguidor (Tracker) puede cargar varios conjuntos de datos al mismo tiempo y activarlos.

- **Video Background Renderer**

El módulo de procesador de vídeo de fondo hace que la imagen de la cámara se almacene en el objeto de estado. El rendimiento de la renderización de fondo del vídeo está optimizado para dispositivos específicos.

- **App Code**

Los desarrolladores de aplicaciones deben inicializar todos los componentes anteriores y realizar tres pasos clave en el código de la aplicación. Para cada Frame procesado, el objeto de estado se actualiza y los métodos de la aplicación de render son llamados. El desarrollador de la aplicación debe:

- Consultar el objeto de estado para los objetivos recientemente detectados, marcadores o estados actualizados de estos elementos.
- Actualizarla lógica de la aplicación con los nuevos datos de entrada.
- Representar la superposición de gráficos aumentada.

- **Device DataBase**

La base de datos de los dispositivos se crea mediante el administrador de Target en línea. Los activos de la base de datos del dispositivo de destino descargados contiene un archivo de configuración XML que permite al desarrollador configurar ciertas características rastreables y un archivo binario que contiene la base de datos rastreable. Estos activos son compilados por el desarrollador de la aplicación en el paquete de instalación de aplicación y se utiliza en tiempo de ejecución por el Vuforia AR SDK.

- **CloudDatabase**

La Base de datos en la nube se puede crear con el administrador del objetivo o el uso de la API de servicios Web Vuforia. Los objetivos se consultan en tiempo de ejecución de la aplicación que utiliza la función de reconocimiento nube que realiza una búsqueda

visual en la nube usando imágenes de la cámara que se han enviado. Además de los datos de destino, los objetivos provisionados pueden contener metadatos que son devueltos en la consulta.

5.4 EVALUACIÓN E IMPLANTACIÓN

En este apartado se presentará los resultados del proceso de evaluación por el cual pasaron los OVA'S. En primera instancia bajo la supervisión del personal calificado tomando como base los requerimientos funcionales y no funcionales. Luego por los estudiantes de tercer semestre de la Facultad de Odontología de la Universidad de Cartagena, la última se realizó aplicando una encuesta de satisfacción a una muestra de la población estudiantil, lo cual se amplía a continuación. Estas pruebas fueron realizadas con el propósito de verificar si los OVA'S cumplen con los requisitos y si en verdad sirven de apoyo en el proceso de aprendizaje de la anatomía de los órganos dentales.

5.4.1 Evaluación personal calificado

En las revisiones hechas por el personal calificado en el tema se evaluaron los requerimientos funcionales y no funcionales de los OVA'S, como evidencia de esto se tiene el soporte digital en calidad de anexo Evaluación P_Calificado1 que lo corroboran. Los aspectos evaluados son los siguientes:

- Detección de los marcadores.
- Visualización del órgano dental.
- Visualización de la pulpa del órgano dental.
- Rotación del órgano dental.
- Realización de la evaluación.
- Reproducción del sonido.
- Facilidad de uso de la aplicación.
- Rapidez de ejecución.
- Uso de los colores apropiados en los órganos dentales.

- Pertinencia de los contenidos informativos.
- Pertinencia de los contenidos evaluativos.

Después de realizar las pruebas necesarias a cada uno de los aspectos antes mencionados, se llegó a la conclusión por parte del personal evaluador que los OVA´S tenían una serie de falencias que debían ser solucionadas y otras decisiones conforme a la organización de los contenidos como se presenta a continuación:

- En ciertos OVA´S la detección del marcador toma mucho tiempo.
- Hay órganos dentales en los que se debe mejorar las características anatómicas.
- La uniformidad de colores usados en los órganos dentales.
- Se debe extender los contenidos informativos que se presentan en los OVA´S.
- Se decidió contar con una aplicación general que contiene todos los OVA´S y cuatro más dependiendo de los tipos de piezas dentales (Incisivos, Caninos, Premolares y Molares) con el fin de facilitar el acceso a la herramienta.
- Se tomó la decisión de presentar el contenido evaluativo según la pieza dental que seleccione el usuario y no una evaluación general, la cual podría tener preguntas de cualquier órgano dental aleatoriamente.

Luego de solucionar cada uno de los puntos establecidos anteriormente se procedió a presentar de nuevo los OVA´S al personal calificado, los cuales en esta ocasión avalaron las correcciones realizadas, por lo cual se procedió a llevar el acabo el siguiente paso que fue la evaluación por parte de los estudiantes, como se presenta en el siguiente numeral. La evidencia de esto se encuentra a manera de soporte digital en el anexo Evaluación P_Calificado2.

5.4.2 Evaluación estudiantes

Para la evaluación realizada por los estudiantes de la Facultad de Odontología se tomó una muestra significativa correspondiente al 40% de los estudiantes regulares de tercer semestre, con el fin de evaluar los OVA´S. La muestra seleccionada conserva las

características más relevantes de la población, lo cual hace valederos los resultados para la totalidad del grupo.

La encuesta comprendía los siguientes aspectos:

- El tiempo utilizado por la aplicación para la detección del marcador y la visualización de la pieza dental.
- Si los modelos 3D implementados corresponden a las piezas dentales reales.
- Si el contenido informativo es apropiado.
- La cantidad de errores presentados durante el uso de la aplicación.
- La pertinencia de la evaluación con respecto al contenido informativo.
- El nivel de dificultad del contenido evaluativo.
- El nivel de satisfacción en el uso de la aplicación.
- Si le agregarían algo más.
- Si el uso de la aplicación puede ayudar en el proceso enseñanza-aprendizaje de la temática.

Considerando los ítems antes expuestos, los resultados obtenidos se encuentran en los gráficos estadísticos que se presentarán adelante. Para observar cada una de las encuestas, diríjase al soporte digital Encuesta en los anexos.

Ilustración 11: Resultado de evaluar el tiempo de ejecución de la aplicación.

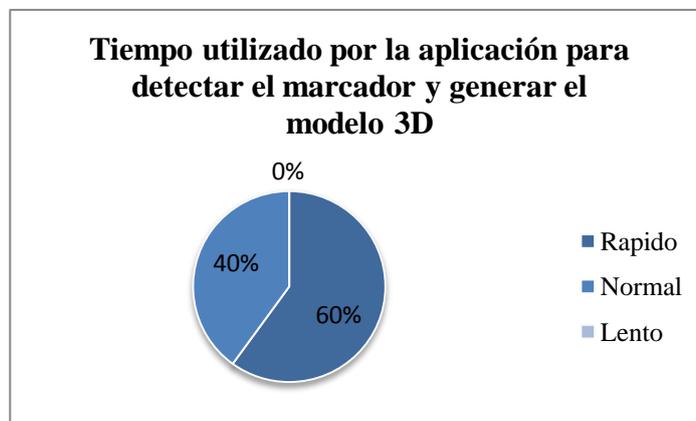


Ilustración 12: Resultado de evaluar la concordancia de los modelos 3D con las piezas dentales reales.

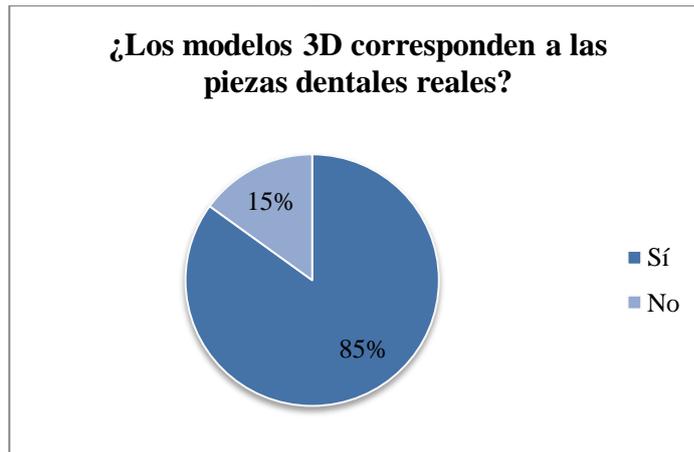


Ilustración 13: Resultado de evaluar la pertinencia del contenido informativo.

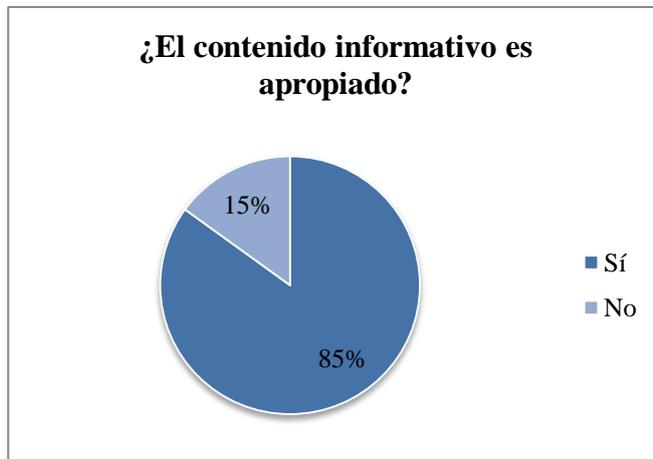


Ilustración 14: Resultado de evaluar la pertinencia del contenido evaluativo.



Ilustración 15: Resultado de medir la dificultad del contenido evaluativo.

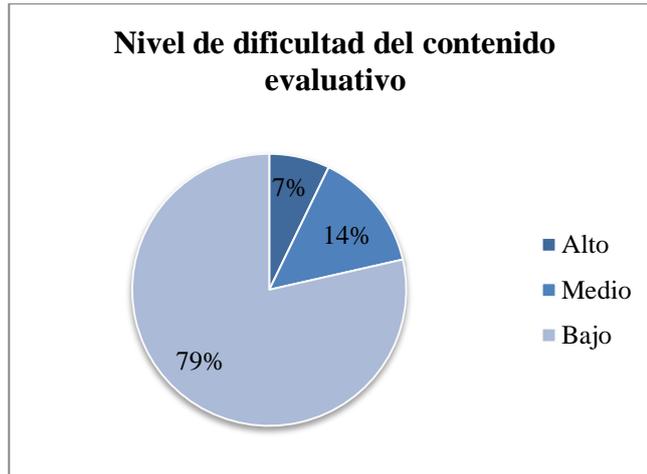


Ilustración 16: Resultado de evaluar la cantidad de errores presentados.

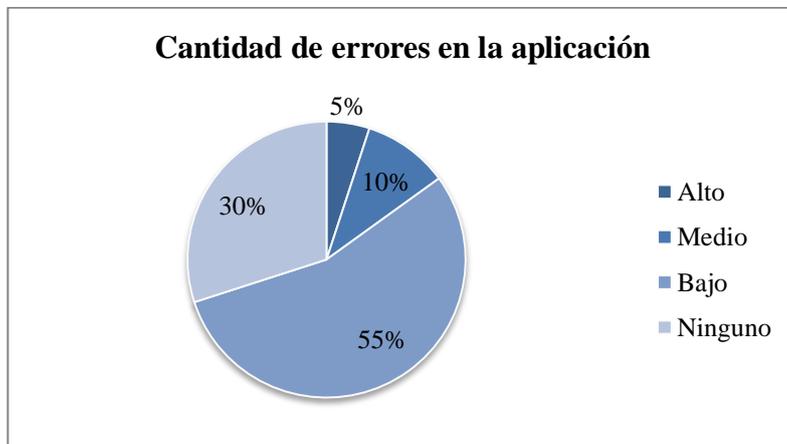


Ilustración 17: Resultado de evaluar el nivel de satisfacción del usuario.

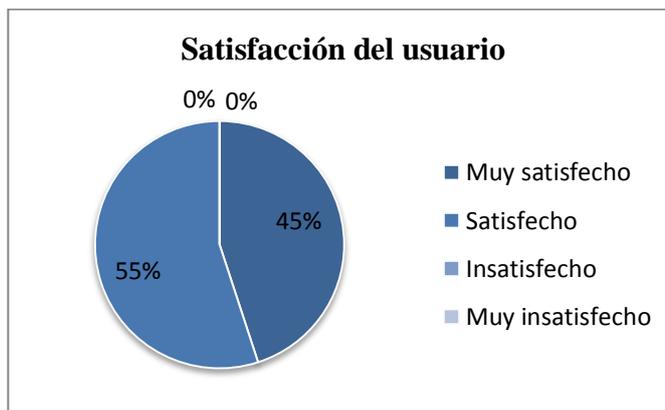


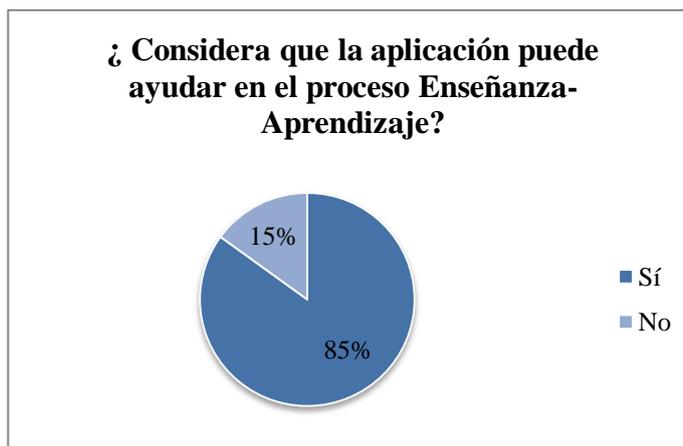
Ilustración 18: Resultado de evaluar si los usuarios le agregarían otra funcionalidad a la aplicación.



El objetivo de esta pregunta era establecer recomendaciones que se podrían llevar a cabo en versiones futuras de la aplicación tales como: no utilizar marcadores para la visualización de los OVA'S, que los movimientos de las piezas dentales se puedan realizar de manera táctil, que los OVA'S tenga acceso a internet con lo cual en la sección evaluativa se pueda establecer un ranking con los mejores puntajes, disponibilidad de los OVA'S para otros tipos de dispositivos móviles y OVA'S que contengan temáticas diferentes tales como las malformaciones de las piezas dentales, otros tipos de accidentes anatómicos y la presentación de los tejidos que componen la estructura Pulpa-Dentina-Esmalte.

De las recomendaciones antes mencionadas se implementó una, la cual fue que los movimientos de las piezas dentales en los ejes XYZ, se puedan realizar de manera táctil y no a través de botones como se estableció en la versión anterior de la aplicación.

Ilustración 19: Resultado de evaluar si la aplicación puede ayudar en el proceso Enseñanza-Aprendizaje.



El objetivo de esta pregunta era establecer que si a consideración de los estudiantes, los OVA'S presentados son herramientas que sirven de apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje de la temática de los órganos dentales. Para lo cual se obtuvo una respuesta afirmativa del 85% de la población encuestada.

5.4.3 Implantación

La presente investigación hace parte de un macro proyecto, por lo que la fase de implantación, en la cual se realiza el proceso de publicación para que los usuarios tenga acceso a los contenidos de los OVA'S le corresponde al grupo que se encuentra desarrollando el proyecto titulado "DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA LA GESTIÓN DE OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE PARA LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA EN LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA".

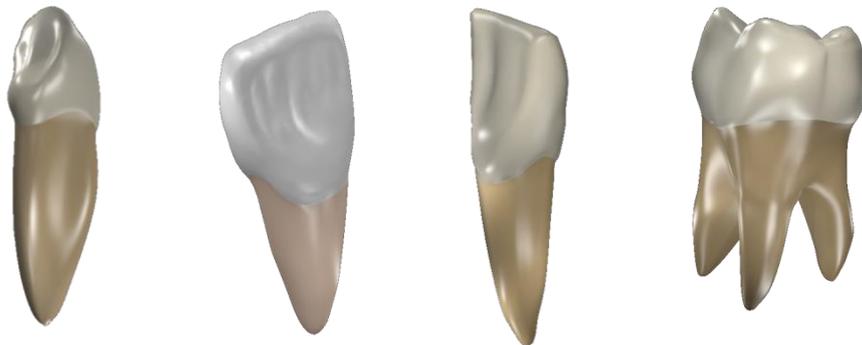
6. RESULTADOS

En este apartado son presentados los resultados obtenidos a lo largo de la investigación:

Para lograr culminar el objetivo específico número uno: Crear el inventario de los temas, subtemas y objetos de estudio en el área de la anatomía de los Órganos Dentales, se realizaron una serie de investigaciones en la literatura, entrevistas y consultas a personal calificado con lo cual se delimitaron las temáticas específicas de estudio, las cuales fueron las 16 piezas dentales. Este procedimiento se encuentra detallado en la sección “5.1.2 Inventario” al igual que los soportes en calidad de anexos digitales correspondientes a las entrevistas y la delimitación de la temática sobre la cual se trabajó.

Para la consecución del objetivo específico número dos: Desarrollar un banco de modelos 3D, animación y audio con base en el inventario de temas, subtemas y objetos de estudio en el área de la anatomía de Órganos Dentales, se elaboraron los modelos 3D representativos de los órganos dentales, las animaciones y audios, con lo cual se generó un banco de objetos que sirvieron como parte del material didáctico contenido en los OVA’S. En los anexos digitales carpeta Banco de Modelos 3D y Audios se encuentran los archivos correspondientes a las 16 piezas dentales y los archivos de cada audio respectivamente. En la siguiente ilustración se presentan algunos modelos realizados utilizando la herramienta Blender.

Ilustración 20: Modelos 3D hechos en Blender.



Para el tercer objetivo específico: Desarrollar Objetos Virtuales de Aprendizaje, mediante la integración de los modelos 3D, audio, texto, video y Realidad Aumentada. Se realizó la integración de los contenidos obtenidos en los numerales anteriores con lo cual se logró la conformación de 5 aplicaciones como es detallado en la sección “5.1 ANALISIS DEL NEGOCIO”. Como una de las evidencias de esto se tiene la siguiente imagen de AppTooth Full en funcionamiento.

Ilustración 21: AppTooth Full, OVA'S utilizando realidad aumentada en dispositivos móviles.



Para la investigación se seleccionó el sistema operativo Android OS, debido a que actualmente es el sistema operativo para móviles más usado a nivel mundial según la reconocida firma de análisis de mercadeo Strategy Analytics (Mawston, 2013). También porque se contaba con recursos hardware y software compatibles con Android OS, lo que permitió la consecución de los objetivos planteados en el proyecto.

Las aplicaciones despliegan una serie de OVA'S que corresponde a cada una de las piezas dentales, estas permiten manipular el órgano dental, ver una serie de contenidos informativos y a su vez realizar una evaluación dependiendo del OVA que seleccione.

Como otra evidencia del cumplimiento de este resultado se tienen los registros de cada una de las aplicaciones como se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 18: Aplicaciones y su respectivo número de radicación.

Nombre de la aplicación	Número de radicación
AppTooth Full	1-2013-32951
AppTooth Incisivos	1-2013-32935
AppTooth Caninos	1-2013-32948
AppTooth Premolares	1-2013-32949
AppTooth Molares	1-2013-32950

Otra evidencia de la consecución de este objetivo es la formulación de un modelo para el desarrollo de los OVA´S con sistemas basados en realidad aumentada en dispositivos móviles. Para la consecución de esto fue necesario investigar varias metodologías para el desarrollo de OVA´S, como lo son MEDHIME 2, Metodología para desarrollo de OVA´S basada en patrones y la metodología AODDEI. De lo cual se concluyó que no se ajustaban totalmente a la investigación debido a que están enmarcadas en el desarrollo de OVA´S tipo páginas web y no se contemplaba la idea de hacer uso de tecnologías emergentes para la creación de los OVA´S, como lo es la realidad aumentada en dispositivos móviles. Pero es importante resaltar que cada una contiene elementos claves al momento de estructurar los OVA´S, por eso se hizo uso de algunos elementos de AODDEI y se mezclaron con la ingeniería de software basada en componentes, los detalles de la metodología formulada se encuentran en la sección “4.2 PROCEDIMIENTO”.

Para la consecución del cuarto objetivo específico: Realizar y documentar las pruebas funcionales de los objetos virtuales de aprendizaje implementados, se realizaron una serie de pruebas por las cuales pasaron los OVA´S. En primera instancia bajo la supervisión del personal calificado, en la cual se evaluó el cumplimiento de los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos en el apartado “5.1.1 Requerimientos”, los resultados de estas pruebas se encuentran detallados y documentados en el apartado “5.4.1 EVALUACIÓN PERSONAL CALIFICADO”. Luego los OVA´S pasaron a manos de los estudiantes de tercer semestre de la Facultad

de Odontología de la Universidad de Cartagena, los cuales tuvieron interacción con las aplicaciones, seguido a esto se aplicó una encuesta de satisfacción a una muestra de la población estudiantil. Estas pruebas fueron realizadas con el propósito de verificar si los OVA'S cumplen con los requisitos y si en verdad sirven de apoyo en el proceso de aprendizaje de la anatomía de los órganos dentales. El análisis descriptivo de los datos, detalles y documentación de estas pruebas se encuentran en el apartado "5.4.2 EVALUACIÓN ESTUDIANTES".

Otro resultado obtenido durante el desarrollo de la investigación fue, la ponencia en el **I Seminario Académico de Inteligencia Computacional** del Programa Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena, titulada "Realidad aumentada como apoyo a la enseñanza de la odontología" en la cual se abordaron las temáticas concerniente a los OVA'S, la realidad aumentada y la importancia de realizar un objeto de aprendizaje utilizando la temática de la anatomía de los órganos dentales y la realidad aumentada en dispositivos móviles.

Como último resultado obtenido se tiene la redacción de un artículo titulado "*Desarrollo De Objetos Virtuales De Aprendizaje Para El Estudio De La Anatomía De Órganos Dentales*", con lo cual se buscó dar a conocer el trabajo de investigación realizada en el Programa de Ingeniería de Sistemas. Este se encuentra como soporte digital en calidad de anexo.

De lo anterior es importante resaltar que tomando como referencia los trabajos descritos en el estado del arte como: Magic Book, NZMath, Blood Pressure, DRAT y Molecul-Ar, los resultados obtenidos coinciden en gran parte con los de estas investigaciones ya que se obtuvo una herramienta que apoya el proceso de enseñanza-aprendizaje de una temática específica, utilizando tecnologías que permitieron hacer el proceso más interactivo, didáctico y llamativo a los estudiantes.

7. CONCLUSIONES

Como conclusión a la investigación realizada es factible decir que la utilización e integración de OVA'S, realidad aumentada y los dispositivos móviles en una sola herramienta permitieron dar respuesta a las preguntas de investigación establecidas en el planteamiento del problema. Ya que se buscó la manera de integrar y aprovechar estas tecnologías como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje de la anatomía de los órganos dentales.

Lo anterior permitió la consecución de cada uno de los objetivos establecidos en la investigación. Iniciando por una serie de indagaciones, reuniones y entrevistas para establecer la temática a trabajar, luego realizando los contenidos que están inmersos en la los OVA'S (piezas dentales, audios, textos, animaciones y cuestionarios) y como punto final el armado de cada uno de los OVA'S integrando los contenidos realizados en los anteriores objetivos y la respectiva documentación de las pruebas realizadas al producto.

La principal limitación para el desarrollo de la investigación fue el escaso conocimiento en la temática anatomía de los órganos dentales, por lo cual se tuvo asesoría constante del profesor Salvador Insignares Ordóñez, odontólogo con muchos años de experiencia en la enseñanza de la temática. Asesorías que de igual manera produjeron una serie de elongaciones en el cumplimiento de objetivos debido al tiempo entre cada una de las reuniones y los cambios a realizar en los contenidos inmersos en los OVA'S.

Tomando como base las pruebas realizadas a los OVA'S por parte de los estudiantes de tercer semestre de odontología 2013-I. La manera como se presentan los contenidos informativos, actividades y evaluación, apoyados en las ventajas que brinda la realidad aumentada en dispositivos móviles, fue algo que motivó a los estudiantes en el proceso de aprendizaje de los órganos dentales. Lo cual realza la importancia de este estudio ya que se presentaron los contenidos de una manera didáctica y diferente a lo que normalmente se venía haciendo en el aula de clase, lo cual generó un cierto interés adicional al momento de aprender la temática. A tal punto que según los resultados arrojados por la encuesta realizada a esta muestra de la población estudiantil AppTooth,

una aplicación contenedora de OVA'S disponible para dispositivos móviles que utilicen sistema operativo Android 2.3 o superior, es una herramienta que sí les puede ayudar en el proceso enseñanza-aprendizaje, en lo cual radica la importancia de esta investigación, en realizar herramientas que sean útil y aporten al proceso.

Durante el desarrollo del estudio se obtuvo un resultado inesperado, el cual fue que la manera como se desplegaban los OVA'S dependiendo del dispositivo móvil utilizado para ejecutarlos. En unos salían todas las funcionalidades y en otros no del todo, por lo cual se ajustaron los contenidos de manera que fueran uniformes en la mayoría de dispositivos. También es de resaltar que los modelos 3D concernientes a las piezas dentales, son de gran ayuda en la enseñanza de la temática y para la realización de trabajos futuros que tomen como base los modelos existentes.

Se concluye que lo innovador del proyecto es el uso de tecnologías emergentes, como lo son la realidad aumentada y los dispositivos móviles para llevar a cabo OVA'S, permitiéndolo a los estudiantes tener acceso a nuevas herramientas que presentan la temática de una manera diferente y atractiva para sus intereses, lo cual puede mejorar la apropiación del conocimiento.

8. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Como recomendaciones y trabajos futuros se tomaron en cuenta dos líneas. La primera a nivel de funcionalidad de los OVA'S y la segunda basada en los contenidos informativos que se presentan.

A nivel de funcionalidad se plantean los siguientes aspectos:

- No utilizar marcadores para la visualización de los OVA'S.
- La utilización de la minería de datos para reconocimiento de patrones.
- Los movimientos de las piezas dentales se puedan realizar de manera táctil.
- Que los OVA'S tenga acceso a internet con lo cual en la sección evaluativa se pueda establecer un ranking con los mejores puntajes.
- Disponibilidad de los OVA'S para otros tipos de dispositivos móviles.

En cuanto a los contenidos informativos se hace relevancia a los siguientes:

- OVA'S que presenten las malformaciones de las piezas dentales.
- OVA'S que presenten otros tipos de accidentes anatómicos.
- OVA'S que permitan la visualización de los tipos de cavidades y aperturas endodónticas.
- OVA'S que presenten los tejidos que componen la estructura Pulpa-Dentina-Esmalte.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ADL. (2011). *Advanced Distributed Learning Network*. Recuperado el 12 de Junio de 2012, de <http://www.adlnet.org>.
- ÁLVAREZ R. Francisco, M. A. (2007). *Aspectos de la Calidad de Objetos de Aprendizaje en el Metadato de LOM*. Recuperado el 20 de Abril de 2012, de <http://ihm.ccadet.unam.mx/virtualeduca2007/pdf/214-CVA.pdf>
- Álvarez Rodríguez, F., Arévalo, C. M., Muñoz Arteaga, J., & Osorio Urrutia, B. (21 de Noviembre de 2006). *Colombia Aprende*. Recuperado el 02 de Junio de 2012, de http://www.colombiaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-172721_archivo.pdf
- ÁLVAREZ, F., MUÑOZ ARTEAGA, J., & RUIZ GOZÁLEZ, R. (2008). *Evaluación de Objetos de Aprendizaje a través del Aseguramiento de Competencias Educativas*. Recuperado el 20 de Abril de 2012, de <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:19233&dsID=n03ruizgonz07.pdf>
- AndAR. (2011). Recuperado el 23 de Mayo de 2013, de AndAR: <http://code.google.com/p/andar/>
- Apple Inc. (2013). *iOS Cocoa Touch*. Recuperado el 15 de Mayo de 2013, de <https://developer.apple.com/technologies/ios/cocoa-touch.html>
- ARviewer-SDK. (2011). Recuperado el 23 de Mayo de 2013, de ARviewer-SDK: <http://www.libregeosocial.org/node/24>
- ASTD & SmartForce. (2002). Recuperado el 12 de Abril de 2012, de [http://db.formez.it/fontinor.nsf/c658e3224c300556c1256ae90036d38e/30AE7A876BD011A7C1256E59003A4943/\\$file/smartforce.pdf](http://db.formez.it/fontinor.nsf/c658e3224c300556c1256ae90036d38e/30AE7A876BD011A7C1256E59003A4943/$file/smartforce.pdf)
- Astudillo, G. J., Sanz, C., & Willging, P. (Septiembre de 2011). *Análisis del estado del arte de los objetos de aprendizaje*. Recuperado el 21 de Mayo de 2013, de Universidad Nacional de la Plata: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/4212/Documento_completo.pdf?sequence=1
- BBC. (19 de Mayo de 2012). *BBC Learning School*. Recuperado el 05 de Junio de 2012, de [www.bbc.co.uk: http://www.bbc.co.uk/schools/](http://www.bbc.co.uk/schools/)
- Billinghurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. (Junio de 2001). *The MagicBook: Moving Seamlessly between Reality*. Recuperado el 27 de Marzo de 2012, de www.ieee.org: <http://ezproxy.unicartagena.edu.co:2234/dl/mags/cg/2001/03/mcg2001030006.pdf>
- Borrero Caldas, M. C., Cruz García, E., & Mayorga Muriel, S. (2009). *Una metodología para el diseño de objetos de aprendizaje, la experiencia de la creación de nuevas tecnologías y educación virtual, Dintev, de la Universidad del Valle*. Recuperado el 30 de Marzo de 2012, de UNIVIRTUAL:

http://portales.puj.edu.co/javevirtual/portal/Documentos/Publicaciones/Publicacion_2009.pdf.

California State University. (11 de Diciembre de 2012). *Assessing Blood Pressure*. Recuperado el 20 de Mayo de 2013, de California State University: <http://www.csuchico.edu/atep/bp/bp.html>

Carrasquilla Estremor, G. A., Pinilla Saad, H., & Tovar Garrido, L. C. (2011). *Aplicacion de la Realidad Aumentada en la enseñanza de la simetria molecular para lograr un aprendizaje significativo*. Cartagena, Colombia.

Carvalho da Silva, J. M., & Azambuja Silveira, R. (2007). *The Development of Intelligent Learning Objects with an Ontology based on SCORM Standard*. Recuperado el 08 de 08 de 2013, de IEEE Computer Society: <http://ezproxy.unicartagena.edu.co:2235/csdl/proceedings/isda/2007/2976/00/29760211.pdf>

CEN WS-LT. (2003). *Learning Technology Standards Observatory*. Recuperado el 12 de Abril de 2012, de CanCore Metadata - Overview: <http://www.cen-ltso.net/main.aspx?put=214&AspxAutoDetectCookieSupport=1>

Chan Núñez, M. E., Delgado Valdivia, J. A., González Flores, S. C., & Morales, R. (2007). *Desarrollo de objetos de aprendizaje basado en patrones*. Recuperado el 15 de Mayo de 2012, de <http://ihm.ccadet.unam.mx/virtualeduca2007/pdf/228-JDV.pdf>

Cisco Systems, Inc. (25 de Junio de 1999). *Cisco Systems Reusable*. Recuperado el 21 de Mayo de 2013, de Cisco System: http://www.cisco.com/warp/public/779/ibs/solutions/learning/whitepapers/el_cisco_rio.pdf

Cold Spring Harbor Laboratory. (2000). *DNA From The Beginning*. Recuperado el 25 de Abril de 2012, de www.dnaftb.org/

Colombia Aprende. (2007). Recuperado el 20 de Mayo de 2013, de Colombia Aprende: <http://64.76.190.172/drupalM/?q=node/2>

Colombia Aprende. (2008). Recuperado el 05 de Abril de 2012, de <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-88892.html>

CosmoLearning. (2007). *CosmoLearning*. Recuperado el 6 de Junio de 2012, de [www.cosmolearning.com](http://www.cosmolearning.com/about/): <http://www.cosmolearning.com/about/>

Downes, S. (2001). Learning Objects: Resources For Distance Education Worldwide.

Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Javeriana de Bogotá. (2008). *DRAT: Artefacto Critico*. Recuperado el 02 de Abril de 2012, de PEI: Programa Internacional: <http://www.peiprogramainternacional.org/drat/>

Facultad Informática de Barcelona. (2005). *Realidad Virtual*. Recuperado el 24 de Abril de 2012, de <http://www.fib.upc.edu/retro-informatica/fib.html>

- Figueredo, O. J. (2006). Sistemas Operativos para Dispositivos Móviles. *Entérese*, 74-78.
- Flétscher Bocanegra, L. A., & Morales González, Á. I. (2007). Modelo de desarrollo de servicios m-learning, una propuesta desde la concepción del servicio hacia la pedagogía. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 1-22.
- Gerrero V., G. L. (2004). *La Educación en el contexto de la Globalización*. Recuperado el 31 de Mayo de 2012, de Dialnet: dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2342243
- Google. (2010). *Android, Open Source Project*. Recuperado el 03 de Mayo de 2013, de <http://source.android.com/about/index.html>
- Guerrero Julio, M. L., & Medina Castillo, S. A. (2010). *Aprendizaje De La Programación En Ingeniería De Sistemas Utilizando Objetos Virtuales De Aprendizaje*. Recuperado el 13 de Julio de 2012, de <http://www.istec.org/wp-content/gallery/ebooks/ace/docs/ace-seminar09-final2.pdf>
- Hsiao, K.-F., & Rashvand, H. F. (2011). *Body Language and Augmented Reality Learning*. Recuperado el 23 de Abril de 2012, de www.ieee.org:2234/dl/proceedings/mue/2011/4470/00/4470a246.pdf
- IEEE. (2002). *Institute of Electrical and Electronics Engineers, Learning Technology Standards Committee*. Recuperado el 15 de Mayo de 2013, de <http://www.ieeeltsc.org:8080/Plone/working-group/learning-object-metadata-working-group-12/learning-object-metadata-lom-working-group-12/?searchterm=LOM>
- Institute for Software Technology and Interactive Systems & Vienna University of Technology. (2002). *An Application and Framework for using Augmented Reality in Mathematics and Geometry Education*. Recuperado el 23 de Abril de 2012, de Interactive Media Systems Group: <http://www.ims.tuwien.ac.at/research/construct3d/>
- Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial & Universidad Politécnica de Valencia. (2010). *Learning words using Augmented Reality*. Recuperado el 24 de Abril de 2012, de www.ieee.org:2234/dl/proceedings/icalt/2010/4055/00/4055a422.pdf
- Katrien Verbert, J. K. (2003). *Towards a Global Component Architecture for Learning Objects: An Ontology Based Approach*. Recuperado el 20 de Abril de 2012, de https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/125459/1/558_11340553_Chapter_82.pdf
- Kishino, F., & Milgram, P. (1994). A TAXONOMY OF MIXED REALITY VISUAL DISPLAYS. *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol E77-D.

- Kolsouzoglou , A. (2010). *Architectural Design and Principles of Mixed Reality spaces*. Recuperado el 23 de Abril de 2013, de http://www.architecturemixedreality.com/Mixed_Reality/Mixed_Reality.htm
- Latorre, C. F. (2008). *DISEÑO DE AMBIENTES EDUCATIVOS BASADOS EN NTIC*. Recuperado el 05 de Abril de 2012, de <http://www.actiweb.es/herramientasweb/archivo1.pdf>
- Learning Tecnology Standards Committee. (2002). *Learning Object Metadata (LOM) Working Group 12*. Recuperado el 27 de Marzo de 2012, de <http://www.ieeeltsc.org:8080/Plone/working-group/learning-object-metadata-working-group-12/learning-object-metadata-lom-working-group-12?searchterm=learn>
- Lorett, D., & Marrugo, T. (2011). *INSITU*. Cartagena.
- Martínez, E. (09 de Enero de 2006). *la flecha tu diario de ciencia y tecnología*. Recuperado el 27 de Marzo de 2012, de <http://www.laflecha.net/canales/ciencia/noticias/200601092>
- Mawston, N. (05 de Febrero de 2013). *Strategy Analytics*. Recuperado el 15 de Mayo de 2013, de <https://www.strategyanalytics.com/default.aspx?mod=reportabstractviewer&a0=8185>
- Microsoft. (2012). *Windows phone 7 en dos sabores*. Recuperado el 27 de Mayo de 2013, de <http://msdn.microsoft.com/es-es/windowsphone/ff621431.aspx/>
- Ministerio de Educacion Nacional. (2005). *Primer Concurso de Nacional de Objetos de Aprendizaje 2005*. Recuperado el 30 de Marzo de 2012, de Colombia Aprende: http://www.colombiaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-99368.html#h2_1.
- Ministerio de Educación Nacional. (Enero de 2007). *CATALOGACIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR*. Recuperado el 30 de Marzo de 2012, de CVUDES: http://www.cvudes.edu.co/ModeloPedagogico/proyecto_bancos_oa.pdf
- Ministerio de Educación Nacional Colombiano MEN. (2006). *Portal Colombia Aprende*. Recuperado el 08 de Marzo de 2012, de <http://www.colombiaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-99543.html>
- Muñoz, C. (2010). Dispositivos móviles en la educación médica. *Teoría de la Educación - educación y cultura en la Sociedad de la Información (TESI)*, 28-45.
- Nassir, N., Tobias, B., Lejing, W., & Thomas, W. A. (Febrero de 2012). *First Deployments of Medical Augmented Reality in Operating Rooms*. Recuperado el 26 de Marzo de 2012, de www.ieee.org: <http://ezproxy.unicartagena.edu.co:2234/dl/mags/co/5555/01/mco2011990250.pdf>

- NyARToolKit. (2010). Recuperado el 23 de Mayo de 2013, de NyARToolKit: <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>
- Patiño Lemos, M. R., Peláez Cárdenas, A. F., & Villa Agudelo, V. (2009). *Experiencia UPB en la construcción de una metodología para el diseño de Objetos de metodología para el diseño de Objetos de metodología para el diseño de Objetos de.* Recuperado el 30 de Marzo de 2012, de UNIVIRTUAL: http://portales.puj.edu.co/javevirtual/portal/Documentos/Publicaciones/Publicacion_2009.pdf.
- Pineda Paz, C. (2004). *Atlas de Anatomía Dental.*
- Pressman, R. S. (2006). *Ingeniería del software: un enfoque práctico.* México: McGraw-Hill.
- Qualcomm AR SDK. (2011). Recuperado el 23 de Mayo de 2013, de Qualcomm AR SDK: <https://developer.qualcomm.com/develop/mobile-technologies/augmented-reality>
- Ramírez Montoya, M. S. (2008). Dispositivos de mobile learning para ambientes virtuales: implicaciones en el diseño y la enseñanza. *Apertura*, 82-96.
- Salmerón, José Ignacio. (2010). "La primera experiencia internacional" de uso de la Realidad Aumentada en ámbito de la implantología. Recuperado el 27 de Marzo de 2012, de Abadianet: http://www.abadianet.com/realidad_aumentada.htm
- Santa Cruz, J. (2009). *Compendio de las plataformas de programación para dispositivos móviles.* Recuperado el 07 de Septiembre de 2012, de Universidad Católica Nuestra Señora de la Asuncion - Paraguay.
- Sirvente, A. (2011). *Virtual Educa.* Recuperado el 12 de Marzo de 2013, de <http://www.virtualeduca.info/ponencias2011/20/Medhime%20virtualeduca.pdf>
- Stanley J., N., & Major M., A. (2009). Anatomía, fisiología y oclusión dentales de Wheeler. Elsevier España.
- Tarng, W., & Ou, K.-L. (2012). *A Study of Campus Butterfly Ecology Learning System based on Augmented.* Recuperado el 23 de Abril de 2012, de www.ieee.org: <http://ezproxy.unicartagena.edu.co:2234/dl/proceedings/wmute/2012/4662/00/4662a062.pdf>
- Te Kete Ipurangui. (2010). Recuperado el 20 de Mayo de 2013, de NZ maths: <http://nzmaths.co.nz/digital-learning-objects>
- Universidad de Antioquia. (2009). *¿Cómo Elaborar Objetos de Aprendizaje ?* Recuperado el 05 de Abril de 2012, de <http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/men/oac2.html>
- Wikitude. (2011). Recuperado el 23 de Junio de 2013, de Wikitude: <http://www.wikitude.com/en/>

Wiley, D. (2000). Recuperado el 21 de Mayo de 2013, de <http://reusability.org/read/>:
<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>

Wolfe, J. (25 de Agosto de 2004). *Music Acoustics*. Recuperado el 25 de Abril de 2012,
de Music Acoustics UNSW: <http://www.phys.unsw.edu.au/music/>