

**HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA
ENSEÑANZA DE LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE
ASTRONOMÍA A NIÑOS MEDIANTE REALIDAD
AUMENTADA**

INVESTIGADOR

ING. LUIS CARLOS TOVAR GARRIDO

COINVESTIGADORES

JESÚS ALBERTO RODRÍGUEZ HENAO

LEONARDO FABIO DÍAZ ÁLVAREZ



**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
CARTAGENA DE INDIAS, 2016**

**HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LOS PRINCIPIOS
BÁSICOS DE ASTRONOMÍA A NIÑOS MEDIANTE REALIDAD AUMENTADA**

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

GIMÁTICA

LINEA DE INVESTIGACIÓN

INTELIGENCIA COMPUTACIONAL

INVESTIGADORES:

ING. LUIS CARLOS TOVAR GARRIDO (M.Sc.)

CO-INVESTIGADORES

JESÚS ALBERTO RODRÍGUEZ HENAO

LEONARDO FABIO DÍAZ ÁLVAREZ

Trabajo de Investigación presentado como requisito parcial para

Optar al título de ingeniero de sistemas



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

CARTAGENA DE INDIAS, 2014

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo:

A Dios nuestro creador y su hijo Jesús, que durante todo este tiempo nos estuvieron acompañando e iluminando el camino para llegar a la meta.

A nuestros padres, que con su amor incondicional, nos apoyaron en todo momento; en momentos de fortaleza y debilidad, siempre estuvieron para incentivarlos a seguir adelante.

A nuestros profesores, que con su dedicación, paciencia, esmero y profesionalismo, nos dirigieron durante todo este trayecto, con el objetivo de enseñarnos e instruirnos para el futuro.

A nuestros compañeros, que compartieron sus conocimientos y experiencias durante la carrera y que de alguna forma contribuyeron en nuestra formación.

Agradecimientos

A Dios nuestro creador, le agradecemos por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud, inteligencia, fuerza y fe para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros padres, un gran agradecimiento por habernos apoyado en todo momento, con sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos ha permitido ser personas de bien, por los ejemplos de perseverancia y constancia, pero más que nada, por su amor.

A nuestra universidad, le agradecemos por habernos ofrecido el recurso humano, material científico y la infraestructura necesaria para la formación de la carrera de Ingeniería de Sistemas.

A nuestros profesores, por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de este proyecto de grado; al Ing. Luis Carlos Tovar Garrido, por el apoyo ofrecido en este trabajo y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

A nuestros compañeros, que nos apoyaron en nuestra formación profesional, compartiéndonos su experiencia y conocimiento adquirido durante la carrera y que de una u otra forma contribuyeron al desarrollo del presente proyecto.

Finalmente gracias a todos por su gran apoyo, Dios los siga bendiciendo en cada momento de sus vidas.

Contenido

Pág.

HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LOS PRINCIPIOS
BÁSICOS DE ASTRONOMÍA A NIÑOS MEDIANTE REALIDAD AUMENTADA1

HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LOS PRINCIPIOS
BÁSICOS DE ASTRONOMÍA A NIÑOS MEDIANTE REALIDAD AUMENTADA2

Nota de aceptación:3

Dedicatoria4

Agradecimientos5

Contenido5

Tabla de ilustraciones9

Índice de Tablas12

Resumen13

Abstract15

1. Introducción16

2. Descripción del Problema18

2.1 Planteamiento del problema18

2.2 Formulación del problema19

2.3 Justificación19

3. Marco de referencia23

3.1 Marco teórico23

3.1.1 Astronomía23

3.1.2 Educación Básica23

3.1.3 Objeto virtual de aprendizaje (OVA)24

3.1.4 Realidad aumentada (AR, Augmented Reality)25

3.1.5 m-Learning27

- 3.1.6 Herramientas para el modelado 3D28
- 3.1.7 Entorno Integrado de Desarrollo (IDE, Integrated Development Environment)29
- 3.2 Estado del Arte30
 - 3.2.1 Objeto virtual de aprendizaje30
 - 3.2.2 Realidad Aumentada (AR)32
 - 3.2.3 Contexto local (AR)35
- 4. Objetivos37
 - 4.1 Objetivo general:37
 - 4.2 Objetivos específicos37
- 5. Alcance del proyecto38
- 6. Metodología39
- 7. Resultados43
 - 7.1 Desarrollo44
 - 7.2 Fase I Análisis del negocio44
 - 7.2.1 Paso I Análisis44
 - 7.2.2 Paso II obtención de material47
 - 7.2.3 Paso III Digitalizar Material48
 - 7.3 Fase II Diseño e identificación de herramienta51
 - 7.3.1 Paso IV Planificación52
 - 7.3.2 Paso V Diseño de la estructura del OVA y de la aplicación53
 - 7.3.3 Paso VI Análisis de riegos58
 - 7.4 Fase III construcción y adaptación de los componentes de ingeniería59
 - 7.4.1 Paso VII Armado59
 - 7.4.2 Construcción de la aplicación62
 - 7.4.3 Construcción de la cartilla64
 - 7.5 Fase IV Evaluación del cliente64
 - 7.6 Pruebas68
- 8. Conclusiones71

9. Recomendaciones74

10. Bibliografía75

11. Anexos79

11.1 Anexo A79

11.2 Anexo B81

11.3 Anexo C91

Tabla de ilustraciones

Pág.

Ilustración 1. “Virtuality continuum”, A taxonomy of mixed reality visual display, 1994.25

Ilustración 2. Entorno de usuario.25

Ilustración 3. Modelo del sol49

Ilustración 4. Modelo de Mercurio.50

Ilustración 5. Modelo de Venus.50

Ilustración 6. Modelo de la Tierra.50

Ilustración 7. Modelo de Marte.50

Ilustración 8. Modelo de Júpiter.50

Ilustración 9. Modelo de Saturno.50

Ilustración 10. Modelo de Urano.50

Ilustración 11. Modelo de Neptuno.50

Ilustración 12. Modelo de Plutón.50

Ilustración 13. Modelo de Cometa.50

Ilustración 14. Modelo de Meteoroides.51

Ilustración 15. Modelo de Asteroide51

Ilustración 16. Modelo de Estrella tipo M.51

Ilustración 17. Modelo de Estrella tipo K.51

Ilustración 18. Modelo de Estrella tipo G.51

Ilustración 19. Modelo de Estrella tipo F51

Ilustración 20. Modelo de Estrella tipo A.51

Ilustración 21. Estrella tipo B.51

Ilustración 22. Estrella tipo O.51

Ilustración 23. Diagrama de casos de uso.55

Ilustración 24. Diagrama de secuencia del sistema.56

Ilustración 25. Modelo de dominio.56

Ilustración 26. Diagrama de componentes y de despliegue.57

Ilustración 27. Estructura del Sistema solar.60

Ilustración 28. Planetas del sistema solar.60

Ilustración 29. Plutón y cuerpos menores del sistema solar.60

Ilustración 30. El Sol.60

Ilustración 31. Leyes de Kepler.60

Ilustración 32. Formación y extinción de estrellas.60

Ilustración 33. Clases de estrellas según Morgan-Keenan-Kellman.61

Ilustración 34. Plutón y cuerpos menores del sistema solar.61

Ilustración 35. Leyes de Kepler.62

Ilustración 36. El Sol.62

Ilustración 37. Aplicación EstelAR63

Ilustración 38. Primer Splash de la aplicación.63

Ilustración 39. Presentación de la aplicación.63

Ilustración 40. Menú principal de la aplicación.63

Ilustración 41. Menú secundario de la aplicación.63

Ilustración 42. Unidad 1: El sistema solar.63

Ilustración 43. Unidad 2. Modelo planetario desde fuerzas gravitacionales.63

Ilustración 44. Unidad 3. Las Estrellas.64

Ilustración 45. Portada de la cartilla.64

- Ilustración 46. Contenido. Unidad 1.64
- Ilustración 47. Profesor Alberto Caraballo realizando encuesta.65
- Ilustración 48. Resultados preguntas de encuesta de satisfacción66
- Ilustración 49. Resultado total de encuesta de satisfacción.68
- Ilustración 50. Sesión instructiva a niños.68
- Ilustración 51. Estudios de los temas (Cuerpos menores en ilustración).69
- Ilustración 52. Sesión de evaluación.69
- Ilustración 53. Resultado por pregunta test de conocimiento.70
- Ilustración 54. Resultado total test de conocimiento.70
- Ilustración 55. Anexo C. Tabla de datos test de conocimiento.91

Índice de Tablas

Tabla 1. Plan de trabajo40

Tabla 2. Descripción del contenido del OVA Sistema solar46

Tabla 3. Descripción del contenido del OVA Modelo planetario desde fuerzas gravitacionales47

Tabla 4. Descripción del contenido del OVA Estrellas47

Tabla 5. Objetos 3D necesarios para cada OVA48

Tabla 6. Características SDK de realidad aumentada.52

Resumen

El presente proyecto pretende contribuir con el apoyo del aprendizaje de los principios básicos de astronomía, según los estándares dictados por el ministerio de educación colombiano para estudiantes de sexto año de educación media; por medio de dispositivos móviles, haciendo uso de tecnologías emergentes como la realidad aumentada.

Actualmente, la educación ha evolucionado en la manera como el estudiante se apropia del conocimiento, promoviendo un aprendizaje más social y abierto al apoyarse en las tecnologías de la información y comunicación, como son los sistemas multimedia, plataformas virtuales de aprendizaje, videoconferencias, entre otras; ya que permiten alternativas fuera de la tradicional lectura de libros y apoyan un aprendizaje didáctico e interactivo, para responder ante las grandes necesidades del mundo globalizado y las grandes cantidades de información que surgen cada día; por ello, en este proyecto se contribuye a la calidad educativa con el uso de TIC'S para su mejora continua.

Este trabajo aprovecha tecnologías emergentes y herramientas tecnológicas para facilitar su desenvolvimiento y se lleva a cabo por medio de la metodología MIXTA que es una combinación de las metodologías AODDEI y DSBC, para la creación de los objetos virtuales de aprendizaje y el desarrollo del software móvil, que permite una clara documentación del proceso de desarrollo, el cumplimiento del objetivo principal y generar los resultados a continuación.

Como resultado del presente proyecto, se desarrolla una aplicación móvil de realidad aumentada para la plataforma Android 4.0 o superior, que apoya el aprendizaje de los principios básicos de astronomía en la asignatura de las Ciencias Naturales de grado 6º; Además se crean modelos 3D necesarios para la aplicación, se construye una cartilla didáctica para el uso de la aplicación desarrollada, un manual de usuario, un manual del

sistema, se construyen dos artículos científicos referentes al presente proyecto y se participa con dos ponencias en el CONGRESO INTERNACIONAL EN EDUCACIÓN, TECNOLOGÍA Y CIENCIA CIETyC 2016 nombradas: “Tic’s de apoyo a procesos para enseñanza-aprendizaje de astronomía” y “Herramienta didáctica para la enseñanza de los principios básicos de astronomía a niños mediante realidad aumentada”, última con la cual se obtuvo el primer lugar como mejor ponencia bajo la categoría “tecnología”.

Abstract

This project aims to support learning of the basic principles of astronomy, according to the standards dictated by the Colombian ministry of education for sixth year of secondary education; through mobile devices, using emerging technologies such as augmented reality.

Today, education has evolved in the way the student appropriates the knowledge, promoting a more social and open learning to rely on the information technology and communication, such as multimedia systems, virtual learning platforms, video conferencing, among others; as they allow alternative outside the traditional reading of books and support a didactic and interactive learning, to respond to the great needs of the globalized world and the vast amounts of information that arise every day; therefore, this project contributes to educational quality with the use of ICT's for its continuous improvement.

This work takes advantage of emerging technologies and technological tools to facilitate its development and is carried out through the MIXED methodology which is a combination of the AODDEI and DSBC methodologies, for the creation of virtual learning objects and Mobile software development, which allows for clear documentation of the development process until the fulfillment of the main objective and generate the results below.

As a result of this project, is developed a mobile augmented reality application for Android 4.0 platform or higher, which supports the learning of the basic principles of astronomy in the 6th grade Natural Sciences subject. In addition, 3D models necessary for the application are created; an educational primer for using the application is developed, a user manual, a manual system and two scientific papers relating to this project and participates with two presentations at the INTERNATIONAL CONGRESS ON EDUCATION, TECHNOLOGY AND SCIENCE CIETyC 2016, there are named: "Tic's support processes for teaching and

learning of astronomy" and "Educational tool for teaching the basic principles of astronomy to children through augmented reality technology", last one with which the first as best paper on "Line of technology" was obtained..

1. Introducción

Plantearse la didáctica de enseñar astronomía a niños puede parecer algo pretencioso. Sin embargo, los elementos más básicos de la misma, como el día, la noche, el sol, las estrellas y la luna, son parte de su experiencia diaria.

En pedagogía se considera más importante que los contenidos, la forma de asimilar o construir el objeto de conocimiento (Tamayo, 2011), esto implica necesariamente colocar en escena métodos, técnicas y todos los recursos útiles en el proceso de construcción del saber en cualquier área o ciencia con el objetivo de crear cultura general.

La astronomía como área del saber, siguiendo las consideraciones de la pedagogía, se convierte en una experiencia agradable para dicho público infantil (segunda infancia), permitiéndoles desarrollar su capacidad de observación y asombro por el universo, motivación por descubrir los misterios y acontecimientos que suceden en el espacio y como éstos repercuten en la vida diaria, abriendo camino a la imaginación, análisis y el fomento de la curiosidad por el conocimiento.

El presente trabajo está enfocado al desarrollo de una herramienta didáctica que sirva de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje de los principios básicos de astronomía en los niveles de educación secundaria (sexto grado) de las instituciones educativas colombianas. Es una propuesta que, basada en la idea del aprovechamiento de las tecnologías emergentes y la utilización de objetos virtuales de aprendizaje para despertar el interés de la población estudiantil (sexto grado), en el proceso de enseñanza; busca provocar una mayor retentiva de estos objetos de estudio en los alumnos.

El proyecto se centrará en el desarrollo de una herramienta informática basada en realidad aumentada y dispositivos móviles, esto último debido a la utilización masiva que se presenta en la actualidad de estos artefactos tecnológicos. Así, a través del desarrollo de objetos virtuales de aprendizaje y de modelos en 3D inmersos en los currículos académicos de ciencias naturales en las temáticas de astronomía, se permitirá la interacción a los estudiantes en dichos temas, de una manera didáctica y alternativa a las tradicionales

Este proyecto se enmarca en la línea de investigación de inteligencia computacional del grupo de investigación GIMATICA adscrito al programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena. También, se verá limitado a los currículos de instituciones de educación pública nacionales, entre otros aspectos, debido a la uniformidad que tienen estas en sus pensum, ya que vienen dictaminados por la Secretaría de educación nacional.

A continuación, se presenta un análisis del estado del arte del sector tecnología, respecto a los procesos actuales enseñanza, así como la descripción del problema, los objetivos y la estimación costos y tiempos que involucrará la investigación.

2. Descripción del Problema

2.1 Planteamiento del problema

La educación es uno de los factores más determinantes y relevantes en la evolución y el desarrollo de nuestra sociedad, siendo un proceso efectuado e impartido desde principios de la humanidad entre padres e hijos, compañeros o superiores, entre otros, con el fin de enseñar, transmitir y difundir conocimientos e información generalmente vitales para el desempeño en algún entorno laboral, social y/o en la supervivencia.

Si se observan la cantidad de temas, campos y disciplinas que se difunden en este proceso, se puede ver que es incalculable la proporción de conocimiento e información que puede ser transmitida. Por tal razón, se hace enfoque en un área específica, situada entre las comprendidas en las ciencias exactas y naturales como lo es la astronomía, ciencia que trata de cuanto se refiere a los astros, y principalmente a las leyes de sus movimientos. (RAE, 2014)

La historia muestra que a través del tiempo la astronomía ha ido evolucionando progresivamente, hasta tal punto que el volumen de información se ha multiplicado exponencialmente y la difusión de ésta se ha convertido en un tema esencial en el contenido formativo de muchas instituciones educativas, variando en ciertos aspectos según las regiones del mundo en que se transmita.

En Colombia, los principios básicos de astronomía se incluyen dentro del contenido de la asignatura de Ciencias Naturales, la cual es dictada entre 1° y 9° grado. Igualmente, en Colombia se cuenta con diferentes recursos didácticos e interactivos que sirven de apoyo al aprendizaje en el área de la astronomía tales como son los libros, cartillas, museos, o planetarios como es el caso de la ciudad de Cartagena, la cual tiene en su jurisdicción el planetario de la escuela naval de cadetes Almirante Padilla (RAC, 2013), escenario que permite un acercamiento al conocimiento de la astronomía, ayudando a generar en niños y

adultos el interés por este campo. Sin embargo, al analizar el contenido de dicha ciencia, se puede observar que existen fenómenos que por su nivel de complejidad o detalle hacen que recursos educativos tradicionales se conviertan en medios limitados de aprendizaje, obstruyendo así la comprensión total o requerida de los mismos.

Con la ayuda de las TIC's¹, se desarrollará una herramienta de contenido didáctico e interactivo (como lo son los objetos virtuales de aprendizaje) para apoyar la enseñanza de la astronomía a niños de grado 6º, permitiéndole conocer aspectos básicos del universo de manera distinta a la comúnmente usada en las escuelas y ayudando a asimilar los contenidos educativos referentes a dicha asignatura.

2.2 Formulación del problema

¿Cómo apoyar la apropiación del conocimiento de los principios básicos de astronomía en niños de 6º grado a partir de la tecnología de realidad aumentada (AR) y el desarrollo de aplicaciones en dispositivos móviles?

2.3 Justificación

En la actualidad, la educación moderna ha tomado un camino diferente con respecto a la educación tradicional, buscando incursionar en nuevas formas de enseñanza para los estudiantes donde el aprendizaje debe ser social y abierto, estableciendo una sinergia entre la creatividad, metodología y tecnología.

A lo anterior, surgen mecanismos para fomentar una educación promotora de competencias en el ser, saber y saber hacer en el estudiante. Uno de los mecanismos que predomina hoy en día es el uso de las TIC's como herramienta para el aprendizaje didáctico e interactivo (Pan, Cheok, Yang, Zhu, & Shi, 2006), donde es muy común encontrar los sistemas multimedia en campos como la anatomía, la geografía y muchos más. El sector educativo Colombiano carece de dichos recursos tecnológicos en sus métodos de enseñanza, los

¹ Acrónimo que hace referencia a **Tecnologías de la información y la comunicación**.

cuales podrían ampliar las alternativas de aprendizaje, en la manera como el estudiante adquiere el conocimiento (García, 2013).

Al hacer énfasis en áreas fundamentales de la educación básica primaria como las ciencias naturales, en temas como la astronomía aun cuando existen recursos didácticos que apoyan su enseñanza, pueden ser reforzados con tecnologías emergentes que brinden nuevas alternativas de apoyo al aprendizaje, dado que este tipo de temáticas requieren una gran descripción gráfica para poder analizar y comprender mejor sus conceptos, logrando aprovechar tecnologías como la realidad aumentada permitiendo nuevas formas (alternativas) de apoyar el aprendizaje.

La realidad aumentada (AR) brinda la posibilidad de observar dos mundos a la vez, el real y el virtual, alcanzando con ello una experiencia audiovisual significativa para cualquiera que sea objeto de la misma (Azuma, 1977). Propone un sistema diferente, en el cual las personas tienen contacto con material de estudio desde una perspectiva distinta a la tradicional, como ilustraciones encontradas en libros las cuales, aunque son de gran ayuda para el aprendizaje, son limitadas para la caracterización gráfica de algunos elementos.

La Realidad Aumentada se está implementando en distintas áreas de aplicación como en guía turística (Lorett, Marrugo, & Tovar, 2011), el entrenamiento de operarios de procesos industriales (BMW, 2010), diseño interiorista (Murgich, 2013), el entretenimiento (Vargas, 2009) y guías de museos (Martelo, 2012), entre otras. Al combinar sistemas multimedia con una nueva percepción de la realidad, el conocimiento se adquiere de una manera más cómoda y didáctica para los estudiantes al tiempo que desarrollan otras habilidades como la coordinación motriz, pensamiento espacial, capacidad de análisis, entre otras. (Rodríguez & Ryan, 2001)

Dado que en Colombia el crecimiento del uso de Smartphones ha sido considerable (EL TIEMPO, 2013), la realidad aumentada cuenta con un buen ambiente para incursionar debido a la disponibilidad de los recursos necesarios para hacerlo.

En el ámbito educativo, este tipo de tecnología ha llegado a tener un gran potencial, especialmente, por la motivación que puede generar a estudiantes en áreas como: la medicina, ingeniería, matemáticas, entre otras; se tiene como ejemplo LearnAR (SSAT, 2010), un aplicativo para los estudios de matemática, anatomía y física, que permite visualizar en un entorno físico modelos virtuales, de manera que adquieran vida y movimiento logrando dinamismo en su estudio.

Concretando, la realidad aumentada supone muchas ventajas al ofrecer a estudiantes manipular o jugar con el producto virtual educativo, que le brinda una experiencia única, lográndose así empoderamiento de la información, fomentando una educación abierta y mucho más atractiva.

Expuestas las razones anteriores, se propone el diseño e implementación de una herramienta didáctica para apoyar la enseñanza de astronomía básica, basada en objetos virtuales de aprendizaje y realidad aumentada, la cual estaría enfocada hacia los niveles de educación básica secundaria (6° grado) de instituciones educativas, y que servirá como recurso didáctico al proceso actual de aprendizaje de conceptos básicos de astronomía.

Este proyecto se encuentra ubicado dentro de la línea investigativa de Inteligencia Computacional, que hace parte del Grupo de Investigación en Tecnologías de las Comunicaciones e Informática (GIMÁTICA), de la Universidad de Cartagena, y se hace posible su realización debido a que se cuenta con las tecnologías necesarias para su implementación, además de la debida formación de conocimientos aportados continuamente por el semillero de investigación en Inteligencia Computacional (EDGES) y el de Desarrollo de Video Juegos (DDV) de la Universidad de Cartagena a través del programa de Ingeniería de sistemas y su respectivo grupo de investigación GIMATICA, fomentando de esta manera el estudio y desarrollo del ámbito tecnológico dentro de la Universidad de Cartagena.

El proyecto es económicamente viable debido a que el software a utilizar para el modelado 3D (blender) es libre y la plataforma a usar para realidad aumentada (vuforia) cuenta con una versión abierta, lo que representa ninguna inversión económica por parte de la universidad y los investigadores. Además, se cuenta con los equipos del laboratorio de sistemas de la universidad de Cartagena y los equipos de la sala de investigación de los semilleros para el desarrollo.

3. Marco de referencia

3.1 Marco teórico

3.1.1 Astronomía

Según el diccionario de la Real Academia Española (RAE), la Astronomía es la ciencia que trata de cuanto se refiere a los astros, y principalmente a las leyes de sus movimientos.

Es la ciencia natural del universo. La astronomía se dedica a estudiar las posiciones, distancias, movimiento, estructura y evolución de los astros y para ello se basa casi exclusivamente en la información contenida en la radiación electromagnética o de partículas que alcanza al observador. La astronomía abarca dos ramas principales: la astronomía clásica (que comprende la mecánica celeste y la astronomía de posición) y la astrofísica (que comprende todo lo demás). Casi toda la investigación astronómica moderna queda incluida dentro de esta última rama y por este motivo, en la actualidad, los términos astronomía y astrofísica funcionan como sinónimos (Alfonso, Galadi, & Morales, 2009).

En la educación básica Colombiana, la astronomía es dictada como contenido de las Ciencias Naturales.

3.1.2 Educación Básica

En Colombia la educación se define como un proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, derechos y deberes (MEN, 2010).

El sistema educativo colombiano lo conforman: la educación inicial, la educación preescolar, la educación básica (primaria cinco grados y secundaria cuatro grados), la educación media (dos grados y culmina con el título de bachiller.), y la educación superior.

La educación básica obligatoria corresponde a la identificada en el artículo 356 de la Constitución Política como educación primaria y secundaria; comprende nueve (9) grados y se estructurará en torno a un currículo común, conformado por las áreas fundamentales del conocimiento y de la actividad humana (Ley 115, 1994).

La educación básica hace uso de herramientas y recursos didácticos para dar mayor flexibilidad, entre otros aspectos, al proceso de aprendizaje. Uno de esos recursos, de vital importancia para este proyecto, son los Objetos Virtuales de Aprendizaje.

3.1.3 Objeto virtual de aprendizaje (OVA)

El Ministerio de Educación Nacional, con el apoyo de expertos de varias Instituciones de Educación Superior ha acordado la siguiente definición, dentro de la cual se enmarcan las iniciativas del Ministerio en el tema:

“Un objeto de aprendizaje es un conjunto de recursos digitales, autocontenible y reutilizable, con un propósito educativo y constituido por al menos tres componentes internos: Contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. El objeto de aprendizaje debe tener una estructura de información externa (metadatos) que facilite su almacenamiento, identificación y recuperación.” (Colombia aprende, 2014)

Según el Ministerio Nacional de educación los objetos virtuales de aprendizaje deben tener las siguientes características:

- Atemporalidad: Para que no pierda vigencia en el tiempo y en los contextos utilizados.
- Didáctica: El objeto tácitamente responde a qué, para qué, con qué y quién aprende.
- Usabilidad: Que facilite el uso intuitivo del usuario interesado.

- Interacción: Que motive al usuario a promulgar inquietudes y retornar respuestas o experiencias sustantivas de aprendizaje.
- Accesibilidad: Garantizada para el usuario según los intereses que le asisten.

Los OVA, por su naturaleza aquí mencionada, permiten ser integrados con múltiples tipos de TIC's. Una de esas TIC's, la cual se utilizará para este proyecto, es la realidad aumentada, tecnología que se explicará en el siguiente apartado.

3.1.4 Realidad aumentada (AR, Augmented Reality)

En 1994, Paul Milgram y Fumio Kishino definieron el concepto **Continuo de la virtualidad** (Milgram-Virtuality Continuum) como una escala que sirve para la continuidad que oscila entre lo que se puede definir como completamente virtual, es decir, una realidad virtual, y lo que es completamente real (la Realidad).

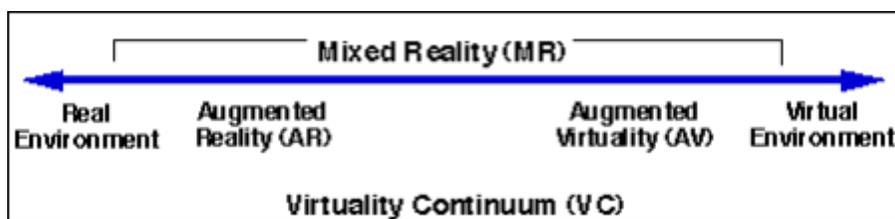


Ilustración 1. "Virtuality continuum", A taxonomy of mixed reality visual display, 1994.

Donde la AR, ubicada en la anterior escala, sería la forma en la que se define una visión de la realidad en la que se agregan elementos virtuales, que constan de un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente, es decir, añade una parte sintética virtual a lo real (Realidad virtual, 2005).

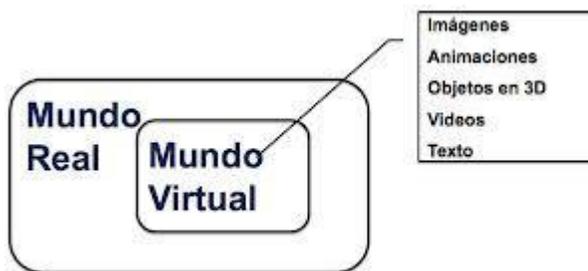


Ilustración 2. Entorno de usuario.

Este tipo de tecnologías permiten que la información sobre el mundo real, que esté en el entorno de un usuario, pueda convertirse en información interactiva.

La AR funciona de varias formas pero la más habitual se presenta de la siguiente manera:

- Se codifica información como una “Data Matrix”².
- Se imprime la Data Matrix sobre una superficie, siendo el resultado denominado “Marcador objetivo”.
- Un Dispositivo captura la Data Matrix del Marcador objetivo
- Un software dentro del dispositivo:
 - Decodifica la Data Matrix
 - La procesa
- Presenta el contenido asociado a la información decodificada.

En función del dispositivo que se emplee (Smartphone, Tablet, PC, entre otros) se podrá acceder a distintas aplicaciones y utilidades de AR. También, y en función del software empleado, la información que se agregue puede ser textual, icónica, sonora o multimedia.

Entre los SDK³ de AR comúnmente a utilizar se tienen:

- **Vuforia Qualcomm** (Simonetti & Paredes, 2013): Plataforma de desarrollo de software puesta a disposición a programadores de aplicaciones móviles para sistemas operativos como iOS⁴ y Android⁵. Cuenta con un motor de reconocimiento de imágenes muy potente, así como un amplio abanico de herramientas diseñado para permitirles dar rienda suelta a su creatividad sin que se vean obligados a preocuparse por las limitaciones de índole técnica.

² Data Matrix: (Matriz de datos) Es un código de barras bidimensional compuesto por un conjunto de celdas en blanco y negro. Es capaz de almacenar información codificada como texto o datos en bruto.

³ SDK: (Software development kit) Kit de desarrollo de software que permite desarrollar aplicaciones para un sistema concreto

⁴ sistema operativo móvil creado por la empresa Apple

⁵ sistema operativo móvil creado por la empresa Google

- **Wikitude SDK:** Es un software de realidad aumentada móvil desarrollado por la compañía austriaca Wikitude GmbH publicado por primera vez en octubre de 2008. Wikitude fue la primera aplicación disponible para el público que utiliza un enfoque basado en la ubicación para realidad aumentada.

Para este proyecto, se utilizará Vuforia Qualcomm como herramienta para desplegar los objetos virtuales de aprendizaje en realidad aumentada debido a su flexibilidad en cuanto a su implementación.

En la actualidad, la realidad aumentada es una tecnología que puede ser utilizada en múltiples tipos de dispositivos. Este proyecto, al estar enfocado al apoyo en la enseñanza de los principios básicos de astronomía en combinación con la realidad aumentada en dispositivos móviles, entra en el ámbito del concepto de m-Learning, el cual se expondrá a continuación.

3.1.5 m-Learning

m-Learning (mobile learning) es definido generalmente como el aprendizaje tomado a través de cualquier dispositivo como teléfonos móviles, asistentes personales digitales (PDA), tabletas, laptops, entre otros.

Literalmente significa aprendizaje móvil; la posibilidad de aprender con máxima portabilidad, interactividad y conectividad; igualmente la posibilidad de acceder al conocimiento o aprender con alguna herramienta de aprendizaje presente en el dispositivo móvil.

Sin embargo, el concepto de m-Learning comprende más que ser un “aprendizaje personal a través de un dispositivo portátil”, es decir, comprende también ciertos estados en el contexto del estudiante, como donde se encuentra o donde hace uso de la herramienta, por lo cual se toma la siguiente definición para m-Learning:

“Cualquier tipo de aprendizaje que se produzca cuando el estudiante no esté en un lugar fijo, ubicación predeterminada, o el aprendizaje que se produce cuando el estudiante toma ventaja de las oportunidades de aprendizaje ofrecidas por tecnologías móviles” (O’Malley, y otros, 2003)

A partir de esto se concluye que m-Learning es mucho más que una tecnología concreta, es todo un ecosistema de interacciones, aplicaciones y contenidos que facilitan la comunicación en la red y el trabajo colaborativo” (Tiscar, 2010).

3.1.6 Herramientas para el modelado 3D

El modelado 3D es la representación esquemática de un mundo conceptual de tres dimensiones, visible a través de un conjunto de objetos, elementos y propiedades que, una vez procesados, se convertirán en una imagen y animación en 3D. Este conjunto de características suele estar formado por objetos poligonales, tonalidades, texturas, sombras, reflejos, transparencias, translucidez, refacciones, iluminación (directa, indirecta y global), etc. Algunas de las herramientas de modelado disponibles son:

- **Anim8or:** Es un programa de modelado en 3D gratuito desarrollado por R. Steven Glanville, donde se puede crear y editar objetos, figuras y escenas tridimensionales, partiendo de las formas más básicas. El programa tiene además soporte para fuentes TrueType, realiza operaciones en tiempo real basadas en OpenGL y es capaz de importar ficheros 3DS (3D Studio), LWO (Lightwave) y OBJ (Wavefront), crear animaciones y escenas 3D exportando a vídeo AVI e imagen JPG o BMP, trabajar con texturas, sombras, focos de luz y mucho más (Glanville, 2011).
- **3ds Max:** Software de modelado que proporciona una solución completa de modelado, animación, simulación y renderización a los creadores de juegos, cine y gráficos de movimiento.
- **Blender:** Es un programa informático multiplataforma, dedicado especialmente al modelado, animación y creación de gráficos tridimensionales (Blender Foundation, 2013).

Para este proyecto se escogió el uso del modelador 3D Blender debido a que es una herramienta de modelado 3D, texturizado, animaciones y entre otras por su condición de software libre, soporte y comunidad de desarrolladores.

3.1.7 Entorno Integrado de Desarrollo (IDE, Integrated Development Environment)

Es un entorno de programación que integra un conjunto de herramientas que facilita el trabajo del desarrollador de software, incorporando sólidamente la edición orientada al lenguaje, compilación o interpretación, depuración, medidas de rendimiento, incorporación de fuentes a un sistema de control de fuentes, entre otras, normalmente de forma modular.

Los IDE proveen un marco de trabajo amigable para la mayoría de los lenguajes de programación.

IDE's que facilitan el desarrollo con AR son:

- **Eclipse** (Murphy, Kersten, & Findlater, 2006): Entorno de desarrollo integrado de código abierto multiplataforma para desarrollar lo que el proyecto llama "Aplicaciones de Cliente Enriquecido"; se integra fácilmente con los SDK de AR a utilizar.
- **Netbeans** (Oracle Corporation, 2000): es un entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java. Existe además un número importante de módulos para extenderlo. Netbeans IDE es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso.
- **Unity 3d** (Unity Technologies, 2005): es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies. Unity está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows y OS X, permite crear juegos y aplicaciones interactivas para diversas plataformas como Windows, OS X, Linux, iPhone, Android, entre otros, programando en lenguajes como JavaScript y C#; se integra

fácil mente con el SDK de realidad aumentada Vuforia Qualcomm mediante un plugin para el desarrollo de aplicaciones con esta tecnología.

Para este proyecto se optó por el uso de Unity debido a su versatilidad en el desarrollo de aplicaciones para el sistema operativo Android y por su fácil integración con el SDK Vuforia Qualcomm.

3.2 Estado del Arte

3.2.1 Objeto virtual de aprendizaje

El concepto de objeto de aprendizaje fue mencionado por primera vez en 1992 por Wayne Hodgins con el famoso juego de niños “armo todo” de Lego, donde se unían varias piezas para formar las figuras que se desearan. Hodgins, al asociar los bloques de Lego con bloques de aprendizaje normalizados, tuvo esta perspectiva con el objetivo de reutilizarla en el proceso educativo (Hodgins, 2000). Luego, David Wiley retoma la idea y trasmite el concepto de objeto virtual de aprendizaje como “cualquier recurso digital que se puede utilizar como apoyo para el aprendizaje” (Wiley, 2000).

El término de OVA (Objeto Virtual de Aprendizaje) fue tomando forma con los aportes de diferentes teóricos que fueron estructurando las características que debía tener, sin embargo, cada uno de ellos a su acomodo fijaron algunas características diferentes.

En el caso de Colombia, el Ministerio de educación define un objeto de aprendizaje como "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.”

También hacen alusión al concepto de objeto informativo que lo define como “Un conjunto de recursos digitales que puede ser utilizado en diversos contextos educativos y que posee una estructura de información externa (metadato) para facilitar su almacenamiento, identificación y recuperación.”

Diversas instituciones europeas y norteamericanas han procurado estandarizar los procedimientos de lenguaje para el diseño y modelización de los “Learning Objects”. Entre estos estándares se resaltan:

- ARIADNE (Alliance of Remote Instructional Authoring & Distribution Networks for Europe)
- AICC (Aviation Industry)
- CBT (Computer Based Training Committee)
- IMS (Instructional Management System Project) Global Learning Consortium, Inc.
- IEEE (Institute of Electric and Electronic Engineers) Learning Technology Standards Committee
- ADL (Advanced Distributed Learning), iniciativa que ha tenido en cuenta, en la elaboración de SCORM , los avances de IEEE, IMS y ARIADNE y goza hoy en día de una aceptación bastante global.

En la actualidad existen repositorios de objetos virtuales de aprendizaje a disposición del usuario común, entre esos están:

- Wisc – Online (Wisconsin Resource Center) (<http://www.wisc-online.com/>).
Repositorio del Wisconsin Technical College Systems, la NFS y Fox Valley Technical College, donde se encuentran, aparte de objetos de aprendizaje, herramientas gratuitas para la elaboración de juegos. Los OVA’s son gratuitos mientras se usen sobre la plataforma. Para descargarlos hay que pagar.
- GLOBE - Red Mundial de Repositorios de Objetos de Aprendizaje (<http://globe-info.org/>).

Conjunto de servicios y herramientas a disposición de sus miembros para el intercambio de recursos de aprendizaje en línea, configurándose como una comunidad abierta en todo el mundo.

- Comunidad Latinoamericana de Objetos de Aprendizaje (<http://www.laclo.org/>).
Comunidad abierta integrada por personas e instituciones interesadas en la investigación, desarrollo y aplicación de las tecnologías relacionadas con Objetos de Aprendizaje en el sector educativo Latinoamericano.
- Merlot, Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching.
(<http://www.merlot.org/>).
Sitio de colección revisada de materiales de enseñanza y aprendizaje en línea y servicios para contribuir a la comunidad educativa internacional.
- Repositorio de la Universidad de Antioquia (<http://aprendeonline.udea.edu.co/ova/>).
Entorno virtual que tiene la intención de apoyar a profesores, diseñadores, estudiantes, grupos de investigación, equipos de producción y en general, cualquier persona o institución, interesados en la selección y utilización de Objetos de Aprendizaje para elaborar o reestructurar materiales educativos, dirigidos a procesos de formación y actividades de autoestudio.
- Banco de Objetos de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín. (<http://eav.upb.edu.co/banco/>).
Es un espacio donde el conocimiento se dispone para todos aquellos que más que aprender, desean multiplicar y compartir la experiencia del saber.
- Banco Nacional de Objetos de Aprendizaje - Colombia Aprende (<http://64.76.190.172/drupalM/>).
Contiene la información de los repositorios de las universidades participantes de Colombia aprende donde se puede encontrar gran variedad de objetos de aprendizaje.

3.2.2 Realidad Aumentada (AR)

La realidad aumentada (AR), a pesar de ser un tema concurrido antes de la década de los 90s, fue introducida como tal en el ámbito informático en 1992 por el investigador Tom Caudell en Boeing (Caudell & Mizell, 1992), como alternativa a los tediosos tableros de configuración de cables que utilizan los trabajadores, con la idea de crear anteojos especiales y tableros virtuales sobre tableros reales genéricos.

Desde entonces, esta tecnología ha tomado auge en el mundo de la informática, interviniendo en campos como la educación, entretenimiento, telecomunicaciones, entre otros. En el ámbito educativo, una de las aplicaciones más conocidas de la AR es el proyecto MagicBook del grupo activo HIT de Nueva Zelanda (Canterbury, 2011). Consistía en que el estudiante leía un libro real a través de un dispositivo móvil y observa sobre las páginas reales contenidos Virtuales. De esta manera, cuando el estudiante ve una escena de AR que le gusta, puede introducirse dentro de la escena y experimentar en un entorno virtual inmersivo.

Instituciones de prestigio, como el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y Harvard, están desarrollando en sus programas y grupos de Educación aplicaciones de AR en formato de juegos, los cuales buscan sumergir a estudiantes en situaciones que combinan experiencias del mundo real con experiencias dadas de objetos virtuales de aprendizaje presentes en sus dispositivos móviles. También han desarrollado juegos para enseñar matemáticas y ciencias, todos ellos orientados a trabajar de forma colaborativa entre los estudiantes (MIT, 2013).

En el ámbito europeo existen diferentes proyectos que diseñan y desarrollan aplicaciones innovadoras que integran Realidad Aumentada para ser utilizadas en educación. Entre otros proyectos se pueden destacar CREATE PROJECT (UCL, 2012), ARiSE (European Commission, 2012). Estas nuevas herramientas basadas en presentaciones 3D y con gran interacción, facilitan la comprensión de materias de todas las ciencias. Los estudiantes pueden interactuar con objetos virtuales en un entorno real aumentado y desarrollan el aprendizaje, centrando el interés de la aplicación de Realidad Aumentada en la educación

superior. Se pueden indicar diferentes grupos activos y aplicaciones, destacando aplicaciones realizadas para distintas disciplinas académicas como la enseñanza de conceptos de ingeniería mecánica en combinación de Web3D (Liarokapis, White, Sifniotis, & Basu, 2004), la enseñanza de matemáticas (Esteban, Restrepo, Trefftz, Jaramillo, & Alvarez, 2005) y la enseñanza de geometría (Kaufmann, 2011). También se están desarrollando proyectos de investigación nacionales como el proyecto RAS MAP (Basogain, Izkara, & Borro, 2007).

Desde el año 2004 se han empezado a realizar investigaciones en el campo de la AR, formándose grupos de investigación como el conformado en la Universidad EAFIT de Medellín, el cual desarrolla el proyecto “La Enseñanza para la Comprensión Apoyada con la Realidad Aumentada en el Cálculo de Varias Variables” (Esteban, Restrepo, Trefftz, Jaramillo, & Alvarez, 2005); adicionalmente, se está desarrollando un documento de investigación titulado “Modelo de Contexto para Realidad Aumentada” (Agudelo, 2005), donde se plantea un modelo para realizar una aplicación de este tipo, el cual se basa en el manejo de objetos y la implementación de los patrones MVC, Observador y Fachada.

Igualmente, en el ámbito comercial, algunos proyectos que colaboran con el aprendizaje de la astronomía, utilizando realidad aumentada, son:

- **Celeste SE** (Terminal Eleven LLC, 2010): Una aplicación Android que logra en un entorno tridimensional hacer uso de la realidad aumentada para el aprendizaje de astronomía. Aprovecha características en el dispositivo como la brújula digital y el GPS para poder calcular el movimiento de los planetas, estrellas o cualquier cuerpo celeste. Entre sus principales características se observan la posibilidad de marcar un determinado día del año e incluso dentro de varios años para ver qué recorrido hará un determinado planeta o astro, del mismo modo que muestra todo tipo de datos como la fase lunar y la hora en la que aparece o se esconde en el horizonte y por último, muestra de un modo tridimensional un astro o planeta en la pantalla a través de la cámara de nuestro terminal.

- **Google Sky Maps** (Google, 2011): Aplicación en Android que permite ver objetos celestes como estrellas, constelaciones, galaxias, planetas y la Luna. Utiliza el GPS y los sensores del dispositivo para ubicarse bajo el firmamento y brindar la porción de cielo que corresponde. De esta manera será muy fácil identificar las estrellas, constelaciones y otros cuerpos celestes. Además incorpora una función de búsqueda, que permitirá buscar por cualquier objeto y dejar que el teléfono guíe hasta que este caiga dentro del campo visual.
- **StarWalk** (Vito Technology, 2010): Es una aplicación de aprendizaje de la astronomía mediante realidad aumentada. Comprende una completa representación de las estrellas, de las constelaciones y de los planetas con las fases lunares.

Las herramientas anteriormente mencionadas apuntan sus esfuerzos a la guía y enseñanza de los objetos celestes. Sin embargo, estas herramientas no se alinean a marcos o contenidos educativos que hayan sido previamente evaluados y aprobados por organismos gubernamentales.

3.2.3 Contexto local (AR)

A nivel local, el sector educativo se ha encaminado por la investigación y desarrollo de tecnologías mencionadas en el presente documento. Muestra de esto son proyectos realizados en la Universidad de Cartagena bajo el semillero de investigación EDGES del programa de Ingeniería de sistemas como lo son:

- Sistema De Guía Turístico Basado En Realidad Aumentada: Una Aplicación Para Cartagena De Indias (Lorett, Marrugo, & Tovar, 2011)
- Aplicación de realidad aumentada en la enseñanza de la simetría molecular para lograr un aprendizaje significativo (Carrasquilla & Pinilla, 2013)
- Propuesta Metodológica para la Construcción de Objetos Virtuales de Aprendizaje basados en Realidad Aumentada (Tovar, Bohórquez, & Puello, 2014)
- Aplicación interactiva basada en realidad aumentada para el aprendiz de ajedrez básico (Fajardo & Pereira, 2013)

Partiendo de las grandes cualidades que tienen los proyectos mencionados, se decide continuar con esta tendencia, teniendo como fin contribuir con el proceso de aprendizaje en el área de astronomía básica, desarrollando una herramienta didáctica basada en objetos virtuales de aprendizaje y realidad aumentada que sea de utilidad para la sociedad.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general:

Desarrollar una herramienta didáctica, basada en realidad aumentada (AR) sobre dispositivos móviles Android, que apoye el aprendizaje de los principios básicos de astronomía con base en el contenido del área de las Ciencias Naturales de grado 6°.

4.2 Objetivos específicos

- Definir los contenidos temáticos a incluir en la herramienta software, con base en los principios básicos de astronomía comprendidos dentro del currículo del área de ciencias Naturales.
- Generar los modelos 3D y material multimedia.
- Desarrollar los objetos virtuales de aprendizaje haciendo uso de la tecnología de realidad aumentada (AR) en la plataforma Android.
- Realizar las pruebas funcionales a la herramienta software desarrollado.

5. Alcance del proyecto

En Colombia, los contenidos de astronomía son dictados en el área de ciencias naturales de 1 a 9 grado.

El presente proyecto se centra en el contenido de astronomía que se dicta en 6° grado en la asignatura de Ciencias Naturales, donde se pretende desarrollar una herramienta didáctica (software), que apoye la enseñanza de la misma acorde con lo establecido en los estándares y lineamientos establecidos por el Ministerio de Educación Nacional.

El tiempo de desarrollo de la herramienta corresponderá con el establecido en el cronograma de actividades presente en éste documento, extendiéndose aproximadamente por cuatro (4) meses.

El desarrollo de la herramienta incluye su respectiva documentación que abarca tanto manuales de usuario y del sistema como la respectiva cartilla de guía para la visualización de los objetos virtuales de aprendizaje a través de dispositivos móviles (Android) y el proyecto de grado para futuras investigaciones o ampliaciones.

Como resultado se espera la creación de dos artículos científicos para revista, dos ponencias para el CONGRESO INTERNACIONAL EN EDUCACIÓN, TECNOLOGÍA Y CIENCIA CIETyC 2016, al igual que el registro de la herramienta a desarrollar en éste proyecto.

La herramienta propuesta se limita estrictamente a plataformas móviles con sistema operativo Android. Las implementaciones que usen realidad aumentada estarán reñidas al uso de imágenes-marcadores.

6. Metodología

En pro de alcanzar por completo el desarrollo de los objetivos planteados en este proyecto, es imprescindible asignarlo en ciertas clasificaciones (para saber el tipo de naturaleza de su investigación) y definirle una(s) metodología(s) que colabore(n) a alcanzar dichos propósitos. Las clasificaciones asignadas son:

- Investigación aplicada: Debido al carácter indagatorio que conlleva a este proyecto a la estructuración de una herramienta de ayuda y soporte para la enseñanza de astronomía.
- Investigación transversal: Debido al corto periodo de tiempo en q se hará seguimiento al proyecto que se propone.
- Investigación mixta: A razón de que se llevará una investigación tanto documental (en cuanto a medios de enseñanza, herramientas y tecnologías), como exploratoria (respecto al contexto en que se piensa aplicar).

Para alcanzar los objetivos planteados se utilizan la metodología:

- MIXTA (Tovar, Bohórquez, & Puello, 2014): Metodología diseñada para guiar el proceso de desarrollo de OVA's⁶. Comprende las siguientes fases:
 - Análisis del negocio: La problemática a solucionar con el desarrollo de los OVA's, Recolección de datos vitales para la creación del OVA's y generación de los materiales multimedia y los modelos 3D, que harán parte de los OVA's.
 - Diseño e Identificación de herramientas: se debe diseñar la relación de los objetivos, los contenidos informativos, las actividades y la evaluación, como parte del diseño en la estructura de los OVA's. también se deben identificar las herramientas a utilizar basándose en un análisis detallado.
 - Construcción y adaptación de los componentes de ingeniería: realizar los marcadores de realidad aumentada correspondiente a cada OVA's.

⁶ Objeto Virtual de Aprendizaje

Además se lleva 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 los modelos 3D, contenidos teóricos, contenidos evaluativos, audios y marcadores.

- Evaluación e implantación: se realiza el proceso de evaluación a los OVA's. Primero bajo la supervisión del personal calificado, tomando como base los requerimientos funcionales y no funcionales. Luego por el público al cual van dirigidos los OVA's.

Una vez se han asignado las clasificaciones y determinado la(s) metodología(s) a utilizar, se construye así un plan de trabajo (Tabla 8.1) basado en las anteriores características, sirviendo de camino a seguir para lograr los objetivos propuestos.

La aplicación de esta metodología en el proyecto se puede apreciar mejor en el capítulo de resultados.

Tabla 1. Plan de trabajo

Fase	Artefactos	Actividades	Objetivos a Cumplir en la Fase
1	Análisis del negocio	Análisis y obtención de los requerimientos funcionales y no funcionales de los OVA's, generación de los materiales multimedia y los modelos 3D	1, 2
2	Diseño y selección de herramientas	Organización de los contenidos inmersos en los OVA's, actividades que se realizarán en los OVA'S, diagramas pertinentes, análisis de la herramienta a usar	3
3	Construcción y adaptación de los componentes de ingeniería	Construcción de los marcadores, Construcción de la aplicación	3
4	Evaluación e implantación	Evaluación de Contenido en OVA's Testing funcional de Software por personal calificado, evaluación por parte de estudiantes y publicación	4

Técnicas de Recolección de Datos e Información (TRD)

Para llevar a cabo propósitos como el primer objetivo específico de este proyecto, se hizo necesario hacer uso de técnicas de recolección de datos e información como:

- **Análisis de contenido:** Técnica utilizada para aminorar y estructurar todo tipo de información en datos que posteriormente se almacenarán en un registro.
- **Entrevista:** Técnica empleada sobre personal docente afín a los elementos, materia de investigación y componentes requeridos en el proyecto.

Desarrollo de los objetivos según la metodología

La forma en que se procederá en cada objetivo será de la siguiente manera:

- **Definir los contenidos temáticos a incluir en la herramienta software, con base en los principios básicos de astronomía comprendidos dentro del contenido del área de ciencias Naturales:** El primer paso fue definir las temáticas de astronomía dictadas en sexto grado, comprendidas en el área de ciencias naturales; con la ayuda de diversas fuentes como el Ministerio de educación nacional (MEN, 2008), Eduteka (Eduteka, 2004) y la Asociación Colombiana de Facultades de Educación más la colaboración de algunos educadores, para luego organizar y constituir el contenido temático utilizado en la cartilla didáctica y aplicación móvil a desarrollar.
- **Generar los modelos 3D y material multimedia correspondientes:** Posterior a la definición de temáticas pertinentes y a la creación del contenido temático, se generaron los modelos 3D y el material multimedia necesario para las ilustraciones y animaciones en la presentación de los temas; ante lo cual no se tuvieron muchos inconvenientes, salvo el poco conocimiento de algunas funcionalidades en las herramientas utilizadas, las cuales fueron estudiadas desde la documentación.
- **Desarrollar los objetos virtuales de aprendizaje haciendo uso de la tecnología de realidad aumentada (AR) en la plataforma Android:** Luego, haciendo uso de tecnologías como Vuforia Qualcomm y el motor de Unity3d, se facilitó la construcción del software móvil para el sistema operativo Android al igual que la fabricación de cada marcador utilizado; la información presentada en la cartilla fue

sacada de fuentes como la nasa (NASA, 2004), el planetario de Medellín (Cortés, 2013), entre otros.

- **Realizar las pruebas funcionales a la herramienta software desarrollada:** Una vez que la fase de desarrollo había finalizado, se hizo una evaluación para verificar si los resultados obtenidos cumplían con el objetivo principal de este proyecto; las pruebas realizadas en la Institución educativa Liceo de Bolívar, con estudiantes de sexto grado y el aval del docente de Ciencias Naturales de grado sexto Alberto Caraballo, permitieron comprobar que tanto la aplicación móvil como la cartilla didáctica cumplían con todos los requerimientos necesarios y que contaba con el material teórico suficiente para satisfacer el propósito de este trabajo.

7. Resultados

Después de cumplir los objetivos del presente proyecto se obtuvieron los siguientes resultados:

- La Creación de modelos 3D de los elementos que conforman cada una de las temáticas de astronomía, dictadas en la asignatura de Ciencias Naturales en sexto grado. Se crearon objetos 3D de los elementos que constituyen el sistema solar, como el sol, los planetas, los cometas, entre otros; igualmente se crearon objetos 3D de los tipos de estrellas, según la clasificación espectral de Harvard y la de Morgan-Keenan-Kellman.
- La elaboración de una cartilla didáctica de astronomía para sexto grado, que contiene todas las temáticas pertinentes según los estándares y lineamientos que expone el Ministerio de educación nacional y la Asociación Colombiana de Facultades de Educación (Ascofade); junto con ilustraciones y marcadores de realidad aumentada, generados en su mayoría con software de edición de imágenes.
- Una aplicación móvil de realidad aumentada, desarrollada en el motor de unity3d junto con la extensión para realidad aumentada de Vuforia Qualcomm para funcionar en sistemas operativos Android 4.0 en adelante; que opera junto con la cartilla didáctica y despliega contenido virtual, como animaciones, conceptos, preguntas, apoyando el aprendizaje de los temas presentes en la cartilla.
- Una evaluación realizada en la Institución educativa Liceo de Bolívar con estudiantes de sexto grado y el aval del docente Alberto Caraballo, para contrastar los resultados anteriores con el objetivo principal del presente proyecto.
- También cabe resaltar la creación de dos artículos científicos, el primero referente al estado del arte de todo el trabajo, el segundo hace referencia al desarrollo de este proyecto.

7.1 Desarrollo

Haciendo uso de la metodología MIXTA (Tovar, Bohórquez, & Puello, 2014) la cual proviene de la mezcla entre las metodologías AODDEI y DSBC, constatando de 4 fases consecuentes a los objetivos específicos del proyecto, se cumple el objetivo general al desarrollar una herramienta didáctica, basada en realidad aumentada (AR) sobre dispositivos móviles Android, que apoye el aprendizaje de los principios básicos de astronomía con base en el contenido del área de las Ciencias Naturales de grado 6°. Lo anterior se pudo alcanzar al aplicar las diferentes fases de la metodología mencionada, tal como se describe a continuación:

7.2 Fase I Análisis del negocio

En esta fase se alcanzan los dos primeros objetivos, uno por cada paso, a continuación, se procede a la obtención de la información necesaria para hacer el respectivo análisis del negocio, Igualmente se generan todos los recursos multimedia y objetos 3D necesarios.

7.2.1 Paso I Análisis

En este paso se realizó un análisis de contenido de diversas fuentes como el Ministerio de educación nacional (MEN, 2008) y Eduteka (Eduteka, 2004) para examinar los estándares educativos vigentes por el ministerio de educación nacional y determinar cuales pertenecen a la materia de ciencias naturales de grado sexto.

Los siguientes son los estándares base para la enseñanza de astronomía en la materia de ciencias naturales del grado sexto enmarcadas en el Proyecto Ministerio de Educación Nacional - Ascofade (Asociación Colombiana de Facultades de Educación):

Estándares

- a) Explico el modelo planetario desde las fuerzas gravitacionales
- b) Describo los principales elementos del sistema solar y establezco relaciones de tamaño, movimiento y posición.

- c) Comparo el peso y la masa de un objeto en diferentes puntos del sistema solar
- d) Describo el proceso de formación y extinción de estrellas.
- e) Relaciono masa, peso y densidad con la aceleración de la gravedad en distintos puntos del sistema solar

De los estándares anteriores se establece el siguiente contenido:

- **El Sistema Solar**

- ✓ Estructura del sistema solar
 - Relación de elementos del sistema solar en tamaño, movimiento y posición
- ✓ Planetas del sistema solar
 - Mercurio
 - Venus
 - Tierra
 - Marte
 - Júpiter
 - Saturno
 - Urano
 - Neptuno
 - Comparación de planetas según tamaño y densidad
- ✓ Plutón y cuerpos menores del sistema solar
 - Plutón
 - Cometas
 - Meteoroides
 - Asteroides
- ✓ El Sol
 - Estructura interna del sol y comparación con planetas del sistema solar

- **Modelo planetario desde fuerzas gravitacionales**

- ✓ Leyes de Kepler
 - Primera ley de Kepler

- Segunda ley de Kepler
- Tercera ley de Kepler
- **Las Estrellas**
 - ✓ Formación y extinción de estrellas
 - ✓ Clases de estrellas según Morgan-Keenan-Kellman (MKK)
 - Estrellas M
 - Estrellas K
 - Estrellas G
 - Estrellas F
 - Estrellas A
 - Estrellas B
 - Estrellas O
 - Comparación de estrellas

Los OVA's a desarrollar teniendo en cuenta el contenido de astronomía citado para el grado sexto de la materia de ciencias naturales son los siguientes.

Tabla 2. Descripción del contenido del OVA Sistema solar

Nombre del OVA	Sistema solar
Descripción	Describe los principales elementos del sistema solar, su relación entre ellos y compara sus diversas propiedades de masa y densidad con sus fuerzas gravitacionales.
Nivel escolar que va dirigido	Estudiantes de grado sexto
Materia escolar al que va dirigido	Ciencias naturales
Objetivo de aprendizaje	Apoyar el aprendizaje de los estudiantes en lo referente a la temática

Tabla 3. Descripción del contenido del OVA Modelo planetario desde fuerzas gravitacionales

Nombre del OVA	Modelo planetario desde fuerzas gravitacionales
Descripción	Describe las leyes de Kepler que tratan de explicar el movimiento de los planetas en sus orbitas alrededor del sol
Nivel escolar que va dirigido	Estudiantes de grado sexto
Materia escolar al que va dirigido	Ciencias naturales
Objetivo de aprendizaje	Apoyar el aprendizaje de los estudiantes en lo referente a la temática

Tabla 4. Descripción del contenido del OVA Estrellas

Nombre del OVA	Estrellas
Descripción	Explicación del origen de una estrella y su extinción, clases de estrellas
Nivel escolar que va dirigido	Estudiantes de grado sexto
Materia escolar al que va dirigido	Ciencias naturales
Objetivo de aprendizaje	Apoyar el aprendizaje de los estudiantes en lo referente a la temática

7.2.2 Paso II obtención de material

En este paso se identificaron las fuentes del material teórico respecto al contenido citado anteriormente y los elementos 3D necesarios para los OVA's.

Para el material teórico se tomaron en cuenta fuentes reconocidas y confiables como la nasa (NASA, 2004) , el cual provee información acerca del sistema solar y cada uno de sus componentes; también el planetario de Medellín (Cortés, 2013), en el cual subyace una gran cantidad de documentos digitales acerca de astronomía en diversos temas y muchos enlaces

de universidades y centros reconocidos que brindan cursos, libros y revistas acerca de la temáticas expuestas en el contenido citado para el desarrollo de los OVA's.

A continuación se describen los objetos 3D necesarios para cada OVA a desarrollar:

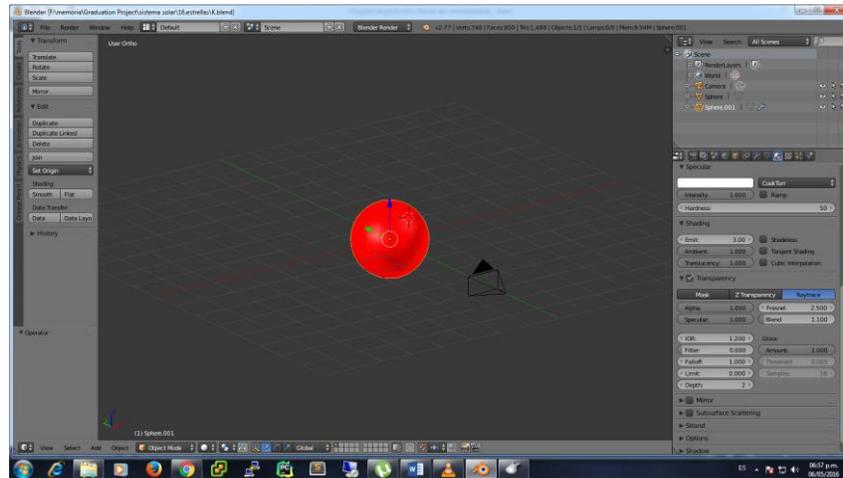
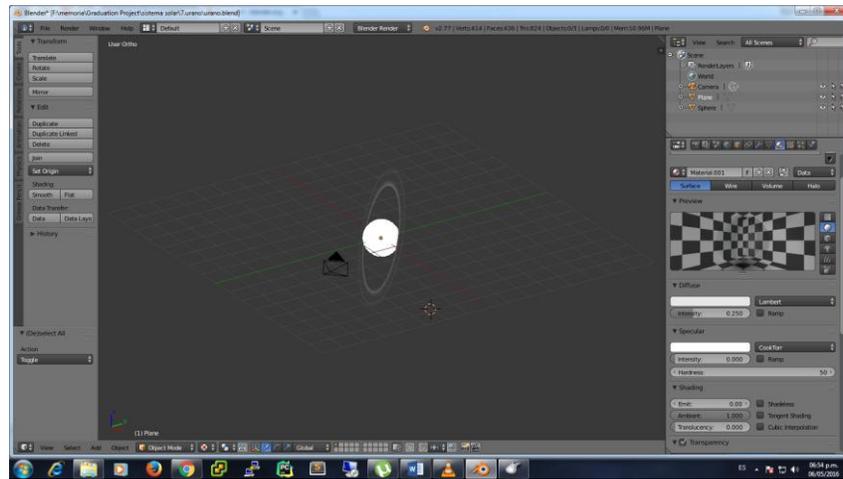
Tabla 5. Objetos 3D necesarios para cada OVA

Nombre del OVA	Objetos 3D necesarios
Sistema solar	planetas del sistema solar (Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno), Sol, Plutón y cuerpos menores del sistema solar (cometa, meteoroides, asteroide)
Modelo planetario desde fuerzas gravitacionales	Sol, planeta del sistema solar
Estrellas	Clases de estrellas (según Morgan-Keenan-Kellman)

7.2.3 Paso III Digitalizar Material

En este paso se procede a crear los objetos 3D de todos los elementos pertinentes a las temáticas definidas para los OVA's a desarrollar, igualmente, generar todo el contenido multimedia necesario.

Las siguientes son imágenes de los objetos 3D creados con la herramienta de modelado Blender (Blender Foundation, 2013), por los autores del proyecto:



Elementos del Sistema solar:

- Sol:



Ilustración 3. Modelo del sol

- **Planetas del sistema solar:**



Ilustración 4. Modelo de Mercurio.



Ilustración 5. Modelo de Venus.



Ilustración 6. Modelo de la Tierra.



Ilustración 7. Modelo de Marte.



Ilustración 8. Modelo de Júpiter.



Ilustración 9. Modelo de Saturno.

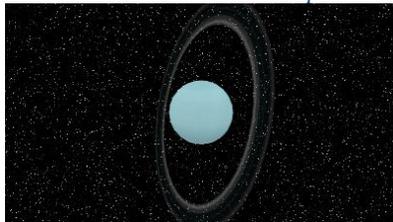


Ilustración 10. Modelo de Urano.



Ilustración 11. Modelo de Neptuno.

- **Cuerpos menores del sistema solar:**



Ilustración 12. Modelo de Plutón.

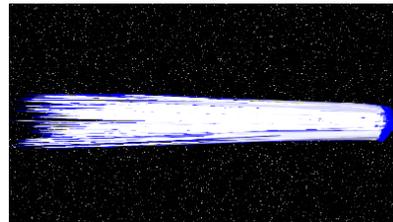


Ilustración 13. Modelo de Cometa.

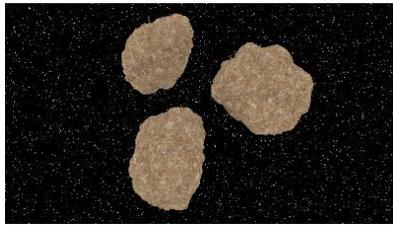


Ilustración 14. Modelo de Meteoroides.



Ilustración 15. Modelo de Asteroide

- **Clases de estrellas:**

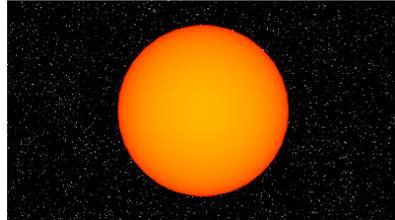


Ilustración 16. Modelo de Estrella tipo M.

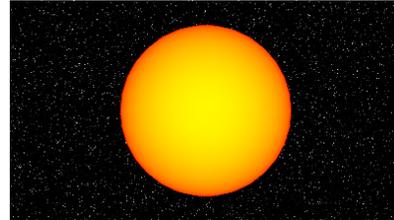


Ilustración 17. Modelo de Estrella tipo K.

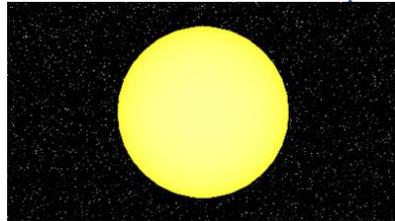


Ilustración 18. Modelo de Estrella tipo G.

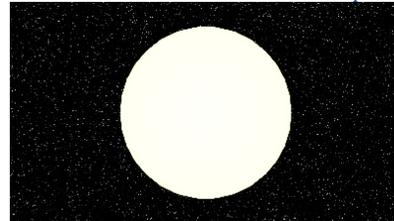


Ilustración 19. Modelo de Estrella tipo F

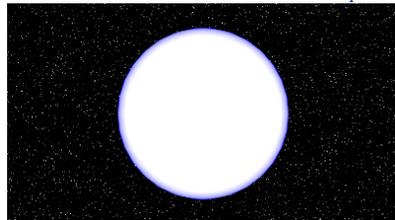


Ilustración 20. Modelo de Estrella tipo A.



Ilustración 21. Estrella tipo B.



Ilustración 22. Estrella tipo O.

7.3 Fase II Diseño e identificación de herramienta

En esta fase diseñó la estructura de los OVA's a desarrollar, donde se tienen en cuenta las cualidades que deben tener los OVA's para una buena interacción con el usuario al momento de visualizar el contenido; igualmente, se consideraron la herramientas de realidad aumentada a utilizar para el desarrollo de la herramienta; en cada uno de los siguientes pasos se contribuyó al cumplimiento del tercer objetivo.

7.3.1 Paso IV Planificación

En este paso se identificaron y analizaron las herramientas de realidad aumentada para establecer las cualidades que mejor se adaptaban a las necesidades de la aplicación.

Identificación de herramientas

Para el desarrollo de la realidad aumentada, existe una gran variedad de herramientas de donde se identificaron las siguientes:

- Metaio SDK
- Vuforia Qualcomm
- Wikitude SDK

Las anteriores herramientas se encuentran descritas en la sección 3.1.4 “Realidad aumentada”.

Análisis de las Herramientas

Al consultar información de cada una de las herramientas en sus fuentes de origen y utilizando como apoyo un trabajo fin de Master de la universidad politécnica de valencia el cual se titula “Herramientas de desarrollo libres para aplicaciones de Realidad Aumentada con Android. Análisis comparativo entre ellas” (Serrano, 2012), donde subyace un análisis comparativo entre las herramientas de realidad aumentada para Android; se realizó un análisis comparativo de las herramientas anteriormente descritas.

En la tabla 4 se pueden observar las características más sobresalientes:

Tabla 6. Características SDK de realidad aumentada.

	Wikitude SDK	Vuforia Qualcomm	Metaio SDK
--	--------------	------------------	------------

Licencia	Libre con restricciones	Libre con restricciones	Libre con restricciones
Visualización por Marcadores	Si	Si	Si
Visualización por geolocalización	Si	No	No
Marcas Naturales	Si	Si	Si
Tracking 3D	No	Si	Si
Formatos 3D	wt3	Opengl , md2(animacion), obj, 3ds	Opengl , md2(animacion), obj
Multipataforma	Android/ios	Android/ios	Android/ios
Documentación	Media	Alta	Alta
Soporte a desarrolladores	Si	Si	Si
Comunidad de desarrolladores	Media	Alta	alta
Rendimiento/Estabilidad	□□□□	□□□□□	□□□□

Para el presente proyecto se decidió escoger la herramienta Vuforia Qualcomm para realidad aumentada, debido a que cumplía con las necesidades de la aplicación por su alto rendimiento, diversidad de formatos y facilidad de uso.

7.3.2 Paso V Diseño de la estructura del OVA y de la aplicación

En este paso se realizó la organización de los contenidos inmersos en los OVA's, tomando como punto de partida que los OVA's buscan apoyar la apropiación del conocimiento en principios de astronomía básica para niños de grado sexto. Igualmente, se creó el diseño arquitectónico de la aplicación bajo el estándar UML.

Contenido informativo

El contenido de los OVA's está organizado en un menú que permite acceder a la información de la temática que representa cada marcador, a su vez la información, la componen los elementos 3D propios de la temática y un contenido teórico accesible por medio de etiquetas presentes. También pueden presentarse animaciones entre los objetos 3D dependiendo del tema a visualizar.

Actividades

Los OVA's cuentan con un control que permite manipular los objetos 3D (rotar, acercar/alejar), reproducir animaciones en caso de estar presente alguna y cuentan con etiquetas que permiten visualizar cajas de texto referentes al tema a consultar.

Evaluación

Los OVA's cuentan con un cuestionario que permite medir la apropiación de los conceptos presentes en los mismos mediante un puntaje al final de la evaluación.

Diseño de la aplicación

Bajo el estándar UML se diseñaron diferentes diagramas los cuales son: diagrama de casos de uso, secuencias, modelo del dominio, componentes y despliegue.

Diagrama de casos de uso

Documenta el comportamiento de la aplicación desde el punto de vista del usuario, donde se determinan las funciones que el usuario puede realizar (Ilustración 23).

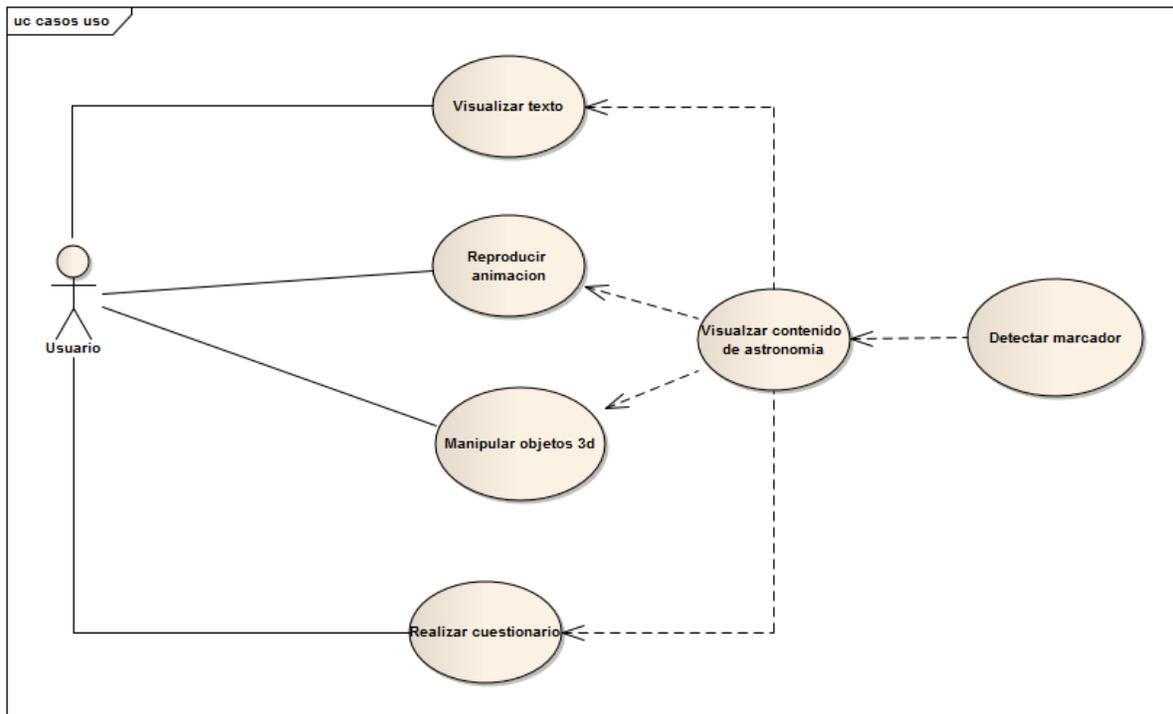


Ilustración 23. Diagrama de casos de uso.

En dicho diagrama se pueden observar las funciones que puede realizar el usuario al momento de iniciar la aplicación y estar frente al marcador.

Diagrama de secuencia

El diagrama a continuación muestra como interactúa la aplicación con el usuario, para cada caso de uso, a través del tiempo.

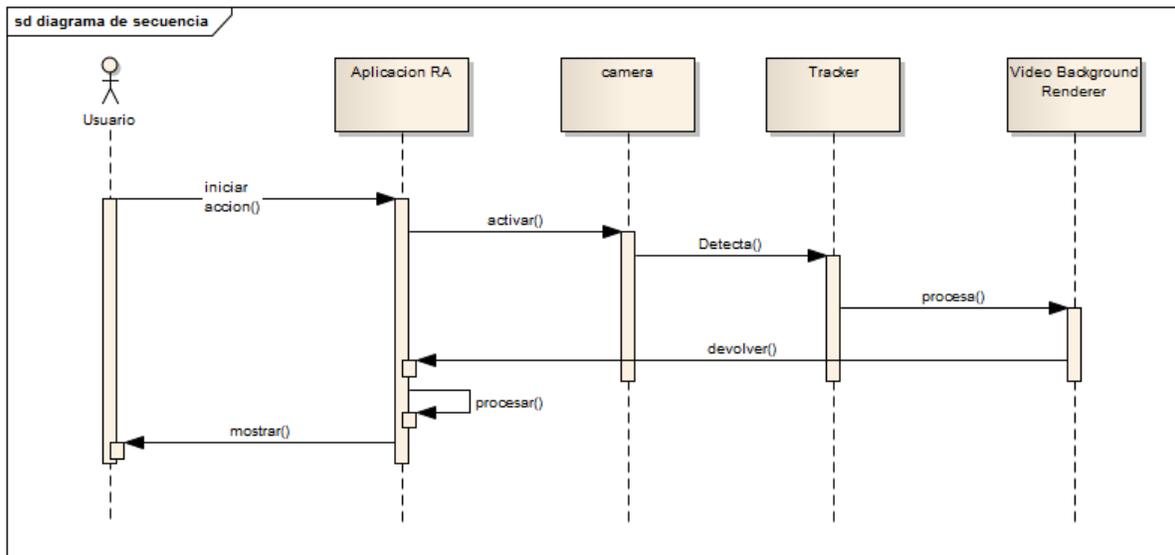


Ilustración 24. Diagrama de secuencia del sistema.

Modelo del dominio

En el modelo del dominio (Ilustración 25), se representan los conceptos clave del dominio del problema del presente proyecto, su relación entre ellos.

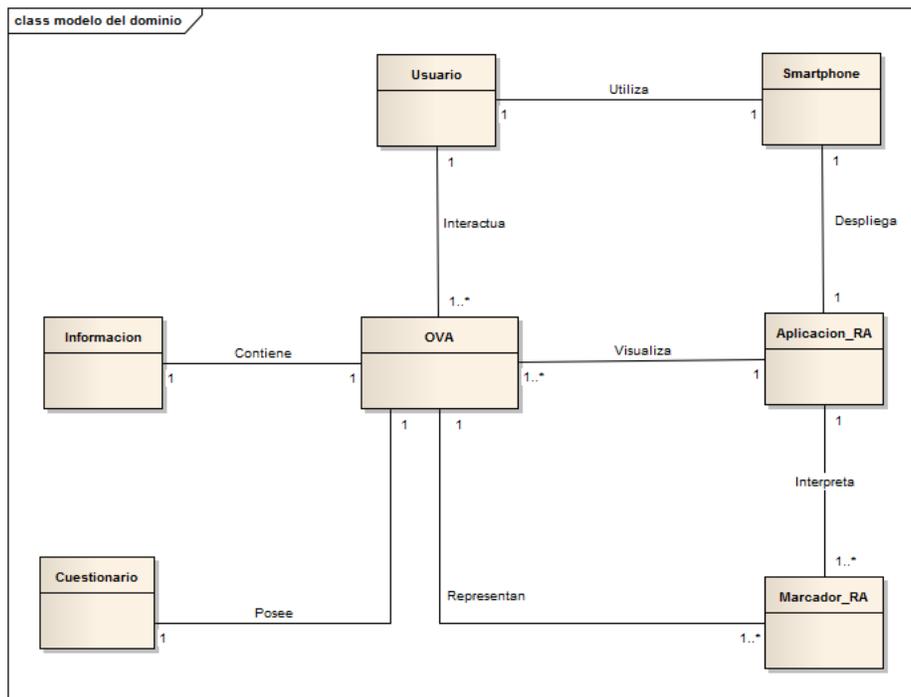


Ilustración 25. Modelo de dominio.

Diagrama de Componentes y Despliegue

Tomando en cuenta todos los componentes lógicos de la aplicación se diseñó el diagrama, considerando que para el desarrollo se usa la herramienta Vuforia Qualcomm y que la aplicación se despliega en un dispositivo móvil.

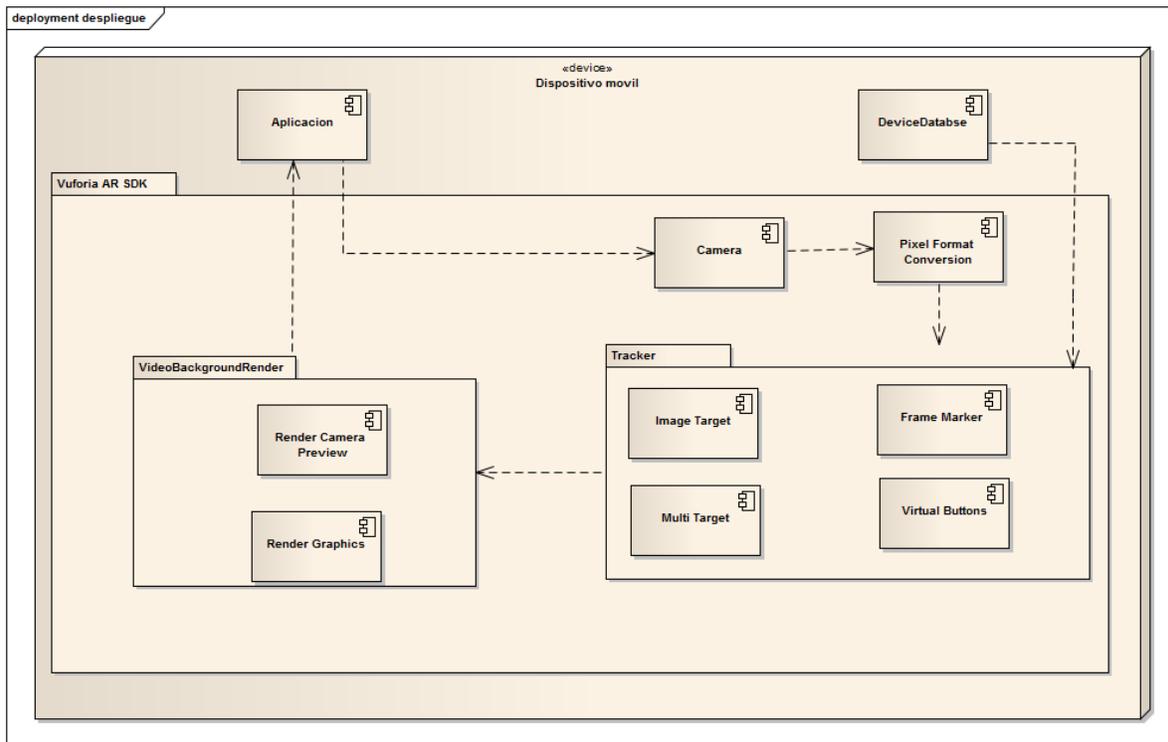


Ilustración 26. Diagrama de componentes y de despliegue.

Para desplegar la aplicación, se deben inicializar todos los componentes anteriores y realizar tres pasos clave en el código de la aplicación

1. Consultar el objeto de estado para comprobar nuevos marcadores.
2. Actualizar la lógica de la aplicación con los nuevos datos de entrada.
3. Renderizar los elementos virtuales.

Los marcadores fueron creados mediante un sistema online al cual actualmente se accede con licencia comercial, aunque se puede acceder de manera gratuita para cuentas antiguas con proyectos de marcadores creados anteriormente.

Componentes de Vuforia Qualcomm:

Camera: Este módulo se asegura de que cada frame capturado pase al tracker. En este módulo se debe indicar cuándo la aplicación inicia la captura y cuando termina. El tamaño y formato de cada frame dependerá del dispositivo móvil utilizado.

Image converter: Este módulo convierte el formato de la cámara a un formato interoperable con OpenGL y para el tracking de los marcadores. Esta conversión incluye reducción de la tasa de muestreo con el fin de disponer de la imagen de la cámara en diferentes resoluciones.

Tracker: Este módulo contiene los algoritmos de visión artificial que se encargan de la detección y rastreo de los objetos de cada frame. Diferentes algoritmos se encargan de la detección de nuevos “targets” o “markers” y de evaluar los botones virtuales. Los resultados son almacenados en un objeto de estado. Este módulo puede cargar múltiples conjuntos de objetos, pero nunca puede haber más de uno activo al mismo tiempo.

Video Background Renderer: Este módulo procesa la imagen almacenada en el objeto de estado. El rendimiento de la representación de vídeo de fondo está optimizado para dispositivos específicos. Todos estos componentes deben ser inicializados en nuestra aplicación. En cada frame se actualiza el objeto de estado y se llama a las funciones de renderizado.

7.3.3 Paso VI Análisis de riesgos

En este paso, se analizaron las diferentes dificultades presentes en cuanto a la herramienta de realidad aumentada y el modelado en 3D, que pueden afectar el desarrollo del presente proyecto.

Análisis de riesgo en el modelado 3D

Para el modelado 3D, no se presentaron muchas complicaciones excepto el poco conocimiento para algunas funcionalidades necesarias de la herramienta en el texturizado de los objetos, lo cual se solucionó consultando en la documentación oficial.

Análisis de riesgo en el desarrollo de la aplicación

Como producto de la investigación, se encontraron herramientas para el desarrollo de realidad aumentada en dispositivos móviles, y con ellas, sus características y datos relevantes que ayudaron a decidir cuál es la herramienta más adecuada para el desarrollo del proyecto que resulto en seleccionar el SDK de Vuforia Qualcomm. Sin embargo, debido a un cambio de licencia de la herramienta, se presentó el inconveniente a futuro de generar los marcadores en la página oficial de Vuforia que exigía una licencia comercial, solucionándose con el acceso a una cuenta que tenía un proyecto antiguo para el cual no aplica los nuevos términos y en donde se pueden generar los marcadores para realidad aumentada sin ningún problema.

7.4 Fase III construcción y adaptación de los componentes de ingeniería

En esta fase se construyeron los OVA's junto a los marcadores de realidad aumentada utilizando elementos como objetos 3D, marcadores, entre otros.

7.4.1 Paso VII Armado

En este paso se crearon los marcadores de realidad aumentada con imágenes representativas de los OVA's a desarrollar para cada temática.

Construcción de los marcadores

Vuforia Qualcomm en su página oficial brinda 512 marcadores denominados "Frame Markers". Cada Frame Marker posee un único ID codificado en un patrón binario a lo largo

del borde de la imagen del marcador y puede poseer una imagen central que no obstruya el patrón binario junto al marco.

El presente proyecto tuvo en cuenta el contenido educativo determinado en la Fase I Paso I de la sección de Resultados de este documento, junto a las ilustraciones de cada uno de los OVA's para generar los 7 marcadores.

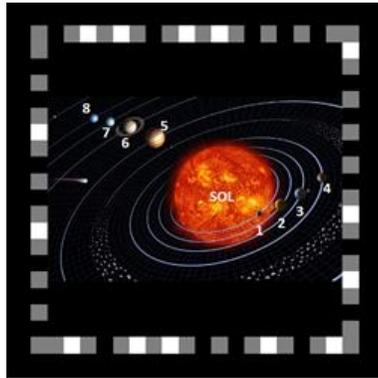


Ilustración 27. Estructura del Sistema solar.

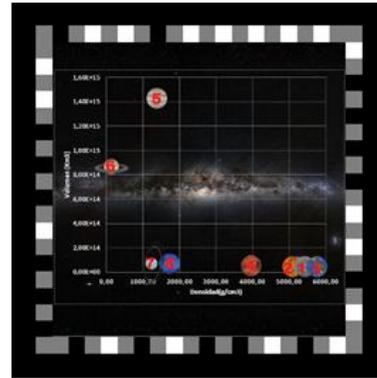


Ilustración 28. Planetas del sistema solar.



Ilustración 29. Plutón y cuerpos menores del sistema solar.

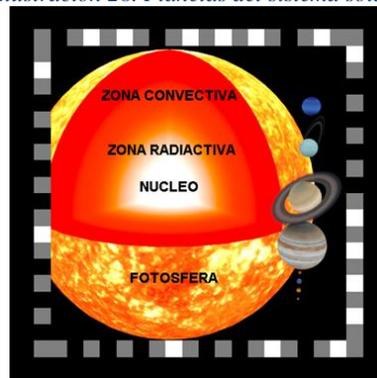


Ilustración 30. El Sol.

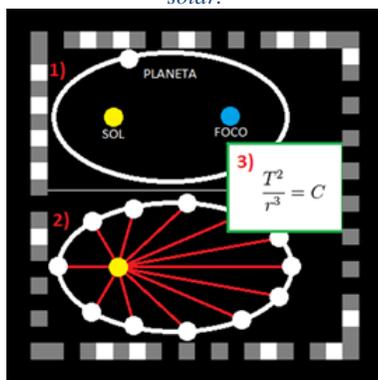


Ilustración 31. Leyes de Kepler.

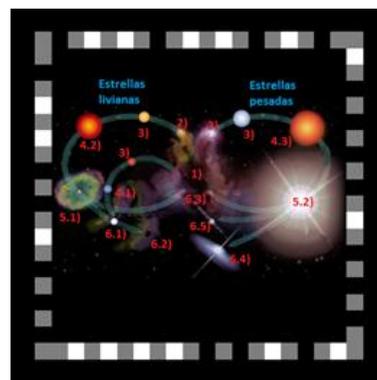


Ilustración 32. Formación y extinción de estrellas.

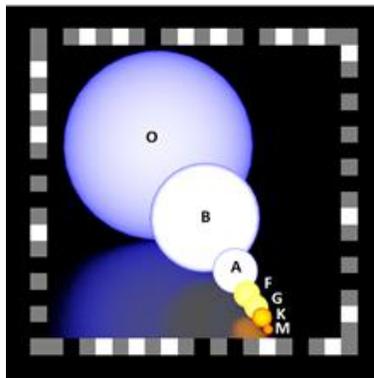


Ilustración 33. Clases de estrellas según Morgan-Keenan-Kellman.

Luego de preparados los marcadores, se les asignó a cada uno el material multimedia a exponer utilizando la plataforma Unity junto al plugin de vuforia.

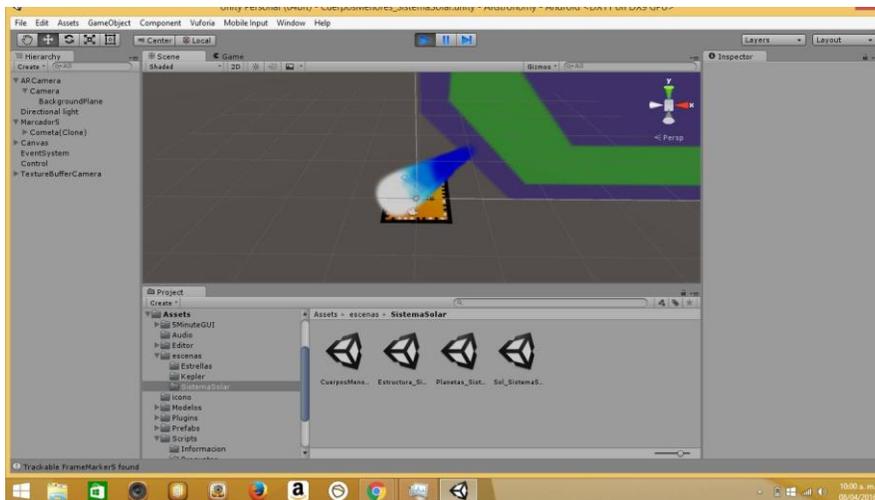


Ilustración 34. Plutón y cuerpos menores del sistema solar.

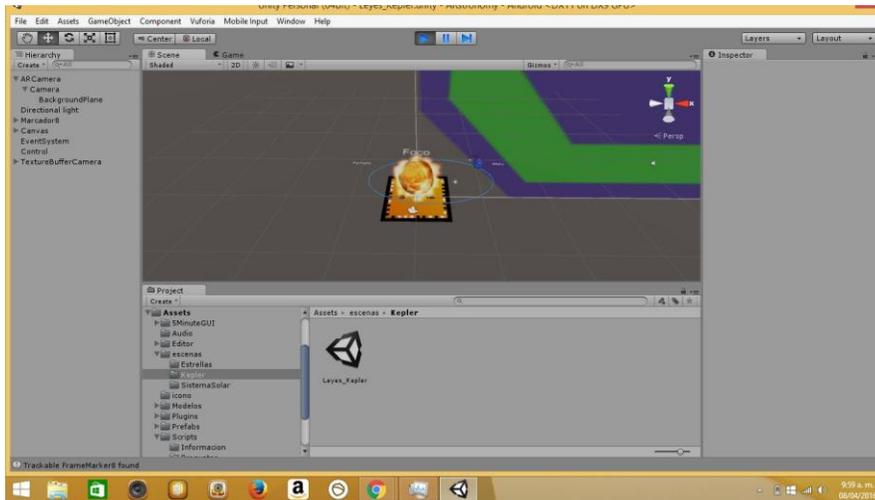


Ilustración 35. Leyes de Kepler.

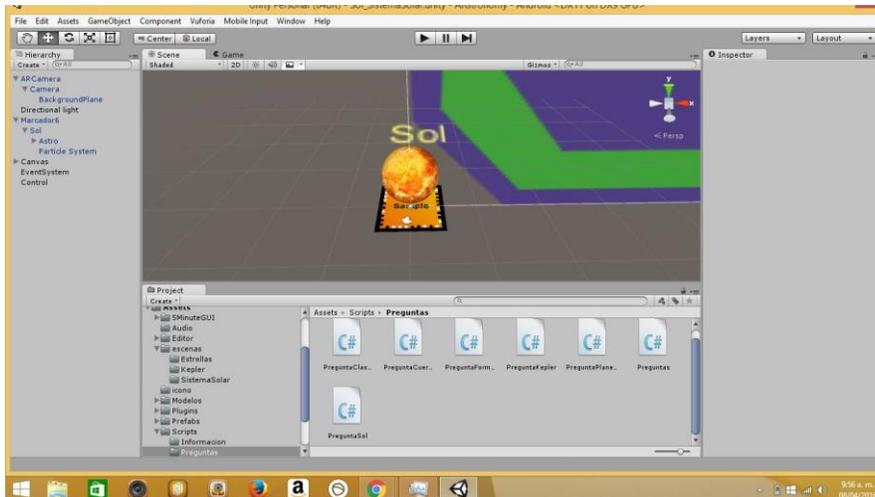


Ilustración 36. El Sol.

7.4.2 Construcción de la aplicación

En los diagramas realizados en la Fase II Paso V de la sección de Resultados, se determinó la parte arquitectónica de la aplicación. El software se creó utilizando el lenguaje de programación C# bajo el entorno Unity, integrando los marcadores y contenido educativo y multimedia (texto, imágenes audios, videos y objetos 3D).

Se creó la interfaz gráfica, compuesta por la presentación, el menú principal, submenú de temas y por consenso de los autores es titulada “EstelAR 6°”.



Ilustración 37. Aplicación EstelAR



Ilustración 38. Primer Splash de la aplicación.



Ilustración 39. Presentación de la aplicación.

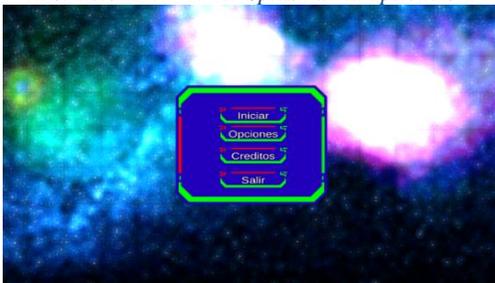


Ilustración 40. Menú principal de la aplicación.

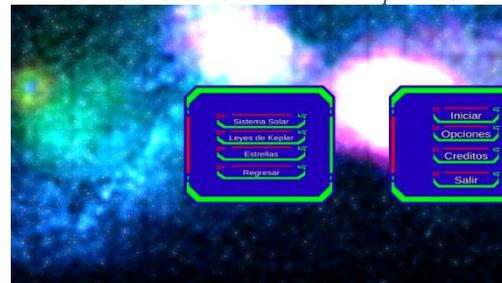


Ilustración 41. Menú secundario de la aplicación.

Luego se integraron los OVA junto a las GUI en cada opción de tema:

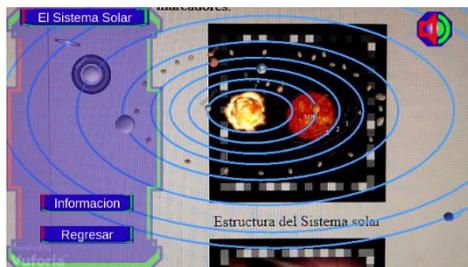


Ilustración 42. Unidad 1: El sistema solar.

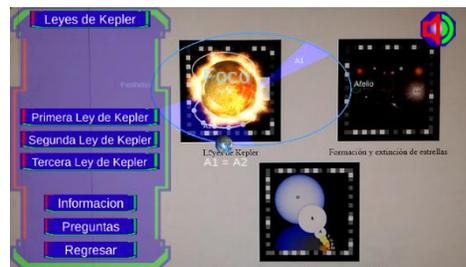


Ilustración 43. Unidad 2. Modelo planetario desde fuerzas gravitacionales.

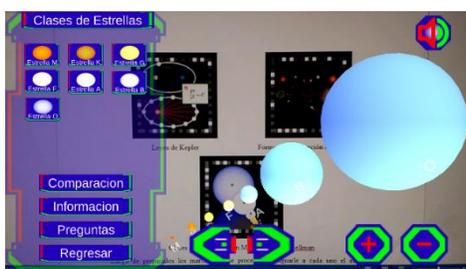


Ilustración 44. Unidad 3. Las Estrellas.

7.4.3 Construcción de la cartilla

Basados en el contenido definido en la Fase I Paso I de la sección de Resultados de este documento, se elaboró una cartilla la cual está distribuida según las unidades estipuladas en dicho contenido, proporcionando información complementaria y adicional a la aplicación. Además, posee ilustraciones específicas de distintos puntos tocados y los respectivos marcadores para realidad aumentada.



Ilustración 45. Portada de la cartilla.

CONTENIDO	
Unidad 1. El Sistema Solar	8
Estructura del sistema solar	9
Relación de elementos del sistema solar en tamaño, movimiento y posición	9
Planetas del sistema solar	10
Mercurio	10
Venus	10
Tierra	10
Marte	11
Júpiter	11
Saturno	11
Urano	11
Neptuno	12

Ilustración 46. Contenido. Unidad 1.

7.5 Fase IV Evaluación del cliente

La evaluación con el cliente tuvo como finalidad observar el impacto de la aplicación, la cartilla y la pertinencia de sus contenidos en la apropiación del conocimiento y el apoyo en la temática de astronomía en niños de grado sexto. Para esto, el docente de Ciencias Naturales de grado sexto de la Institución Educativa Liceo de Bolívar, Alberto Caraballo,

llevó a cabo una encuesta de satisfacción (ANEXO A, encuesta de satisfacción) para verificar si el aplicativo, la cartilla y el contenido cumplen en realidad con los requisitos y apoya a la enseñanza de los principios básicos de astronomía.



Ilustración 47. Profesor Alberto Caraballo realizando encuesta.

La encuesta consta de las siguientes preguntas:

1. ¿El contenido de la cartilla didáctica es el apropiado para la enseñanza y aprendizaje de los principios de astronomía básica?
2. ¿El tiempo tomado por la aplicación para la detección de los marcadores y para el despliegue de los cuerpos celestes y conceptos teóricos es el apropiado?
3. ¿Los modelos 3D de los cuerpos celestes y conceptos teóricos corresponden a la realidad?
4. ¿Qué cantidad de errores llegó a observar al desplegar las animaciones, cuerpos celestes y conceptos teóricos en la aplicación?
5. ¿Qué satisfacción le causó la aplicación?
6. Nivel de complejidad del contenido evaluativo.
7. ¿La aplicación ayuda en el proceso de enseñanza–aprendizaje?
8. ¿Es necesario adicionar contenido temático a la aplicación?

Luego de realizada la encuesta, se procedió a procesar los datos de la misma generando los resultados reflejados en los siguientes gráficos:

- Gráfico de resultados de las preguntas:



Ilustración 48. Resultados preguntas de encuesta de satisfacción

Siendo las equivalencias en las calificaciones de la siguiente manera:

- Muy poco: 1
- Poco: 2
- Regular: 3
- Aceptable: 4
- Muy aceptable: 5

La pregunta N° 4 al preguntar por un concepto cuantitativo, hace que su calificación sea diferente y conste de la siguiente manera:

- 1: No posee errores
- 2: Posee muy pocos errores
- 3: Posee pocos errores
- 4: Posee muchos errores
- 5: Posee considerablemente muchos errores

La anterior calificación fue especificada al profesor por medio de asistencia.

Los resultados reflejados en la gráfica, según cada pregunta, demuestran que:

- a) El docente califica como “Muy aceptable” el contenido de la cartilla didáctica en cuanto a pertinencia para la enseñanza y aprendizaje de los principios de astronomía básica.
- b) El docente califica como “Aceptable” el tiempo tomado por la aplicación para la detección de los marcadores y para el despliegue de los cuerpos celestes y conceptos teóricos.
- c) El docente califica como “Muy aceptable” la correspondencia a la realidad de los modelos 3D de los cuerpos celestes y conceptos teóricos.
- d) El docente califica como “No posee errores” la cantidad de errores observables al desplegar las animaciones, cuerpos celestes y conceptos teóricos en la aplicación.
- e) El docente califica como “Muy aceptable” el nivel de satisfacción que le causó la aplicación.
- f) El docente califica como “Aceptable” el nivel de complejidad del contenido evaluativo.
- g) El docente califica como “Muy aceptable” la ayuda en el proceso de enseñanza–aprendizaje de la aplicación.
- h) El docente califica como “Aceptable” necesario adicionar contenido temático a la aplicación.

- Gráfico de pastel de la encuesta:

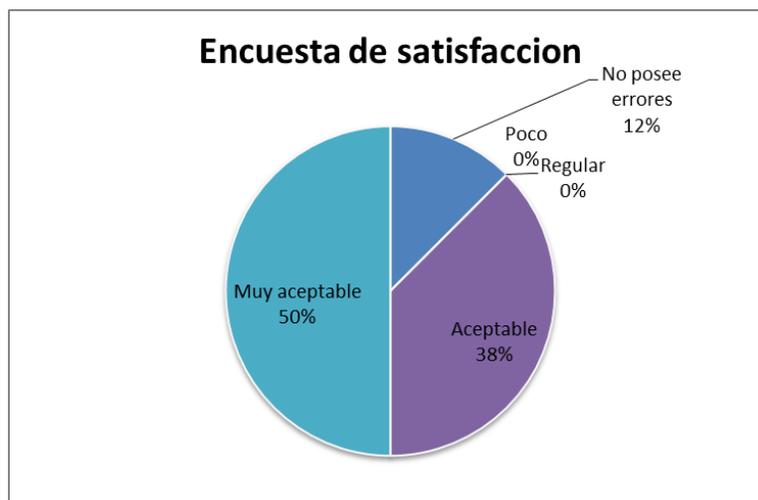


Ilustración 49. Resultado total de encuesta de satisfacción.

La anterior gráfica señala los niveles de satisfacción respecto a la aplicación en cuanto a las preguntas previamente expuestas, correspondiendo un 50% a la calificación “Muy aceptable”, al 38% a “Aceptable”, un 12% a “No posee errores” y un 0% a las calificaciones “Regular” y “Poco”.

7.6 Pruebas

En función de cumplir con el cuarto objetivo específico de este documento, la aplicación fue sometida a prueba con 10 estudiantes de grado sexto (6°) de la Institución Educativa Liceo de Bolívar. Dicha prueba se realizó con 2 grupos de 3 niños y un grupo de 4, consistiendo en una sesión instructiva de la aplicación junto a la cartilla y posteriormente al estudio de todas las unidades.



Ilustración 50. Sesión instructiva a niños.



Ilustración 51. Estudios de los temas (Cuerpos menores en ilustración).

Finalizada la sesión de estudio, los niños fueron evaluados utilizando un test de conocimiento elaborado por los autores del proyecto, el cual posee 43 preguntas con opción múltiple y única respuesta. El test puede ser observado, junto a sus respuestas, en el Anexo B al final de este documento.

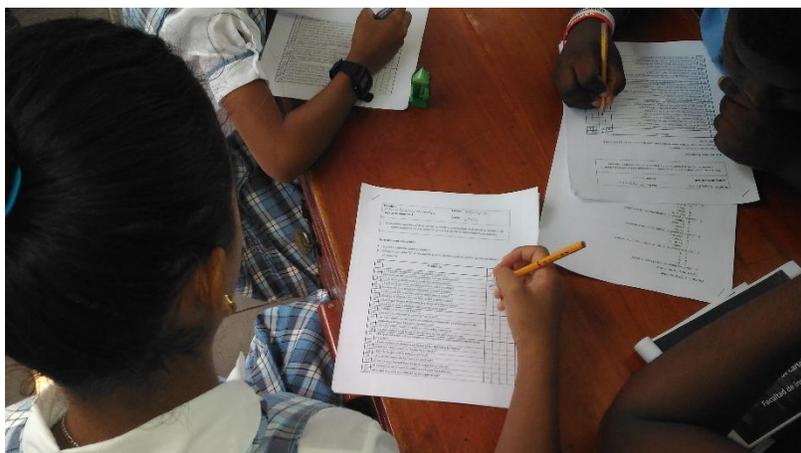


Ilustración 52. Sesión de evaluación.

Los resultados de las pruebas se ven reflejados en las siguientes gráficas:

- Resultados por pregunta:

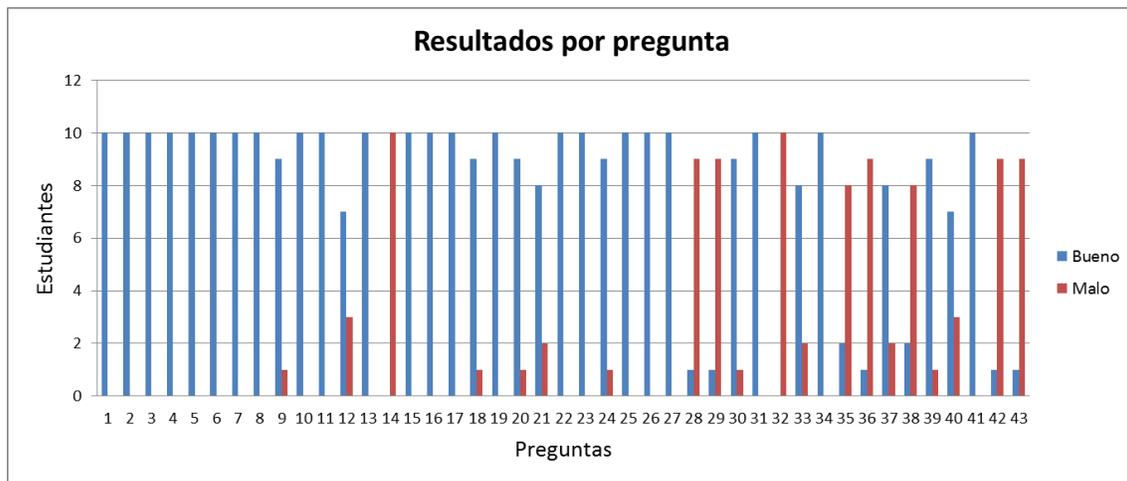


Ilustración 53. Resultado por pregunta test de conocimiento.

En la gráfica se puede apreciar en color azul la cantidad de estudiantes que acertaron en cada pregunta y en rojo los que respondieron erróneamente.

- Total resultados



Ilustración 54. Resultado total test de conocimiento.

Con este gráfico se puede comprobar una efectividad del 77% en la apropiación de los conocimientos en los niños evaluados al utilizar la herramienta y la cartilla.

Los gráficos anteriores están basados en datos organizados por medio de tablas, las cuales puede observar en el Anexo C de este documento.

7.7 Aporte a la comunidad científica y difusión del conocimiento

Se realizaron dos ponencias en el CONGRESO INTERNACIONAL EN EDUCACIÓN, TECNOLOGÍA Y CIENCIA CIETyC 2016, llevado a cabo en la ciudad de Riohacha Guajira, destacándose la ponencia “Herramienta didáctica para la enseñanza de los principios básicos de astronomía a niños mediante realidad aumentada”, la cual obtuvo por mérito el primer lugar en el concurso de ponencias correspondiente a “Línea de Tecnología” de dicho congreso. El certificado que avala este logro se puede observar en el Anexo D, al final de este documento.

8. Conclusiones

Por medio de este proyecto se logró la meta propuesta: apoyar los procesos de aprendizaje para los estudiantes de sexto grado en las temáticas de astronomía, haciendo uso de tecnologías emergentes como la realidad aumentada sobre dispositivos móviles Android; igualmente se contribuyó al enriquecimiento de los recursos pedagógicos que tienen a su disposición los estudiantes en dichos temas.

Los productos principales, obtenidos en este trabajo, fueron:

- La creación de dos artículos científicos.
- Una cartilla didáctica de astronomía para sexto grado.
- Una aplicación móvil de realidad aumentada para la cartilla construida.
- Manuales de usuario y del sistema de la aplicación móvil desarrollada.

En el planteamiento del problema se presenta el contexto que llevó a la formulación del problema y que posteriormente condujo a establecer el objeto principal de este proyecto y su viabilidad.

La pregunta planteada en este trabajo fue “¿Cómo apoyar la apropiación del conocimiento de los principios básicos de astronomía en niños de 6º grado a partir de la tecnología de realidad aumentada (AR) y el desarrollo de aplicaciones en dispositivos móviles?”.

La respuesta a esta pregunta se refleja propiamente en el objetivo general que fue “Desarrollar una herramienta didáctica, basada en realidad aumentada (AR) sobre dispositivos móviles Android, que apoye el aprendizaje de los principios básicos de astronomía con base en el contenido del área de las Ciencias Naturales de grado 6º”.

Para el cumplimiento del objetivo general se siguió la metodología MIXTA (Tovar, Bohórquez, & Puello, 2014) debido a las facilidades que brinda esta metodología en la creación de OVAS y la construcción de componentes de software; también se contó con el apoyo del tutor Luis Carlos Tovar Garrido y el grupo de investigación GIMATICA.

Cabe resaltar que con la culminación del objetivo propuesto se hace un aporte a la educación, brindando una herramienta más que apoya el aprendizaje de estudiantes de sexto grado en temas de astronomía del área de ciencias naturales.

Este proyecto se puede escalar en gran medida, ya que dispone de todo el material necesario para su extensión, presentándose algunas ideas en la sección de recomendaciones que sigue a continuación.

Los estudiantes evaluados en este proyecto, al interactuar con la aplicación y la cartilla, manifestaron asombro por la forma en que se mostraba el material de estudio, de manera que se sentían a gusto realizando las actividades y cuestionarios planteados. El docente manifestó también su satisfacción al ver una herramienta que acercara la tecnología a los niños con el propósito de ayudar en la enseñanza y estimular su aprendizaje, de manera interactiva e innovadora, en un tema frecuentemente visual como es la astronomía.

El proyecto presentado en este documento, siendo creado en el semillero de investigación EDGES, representa un aporte al portafolio de aplicaciones o productos del grupo de investigación GIMATICA, conteniendo aplicaciones relacionadas que abarcan temáticas como odontología, química, geografía y ahora, con este proyecto, la temática de astronomía.

9. Recomendaciones

A continuación se mencionaran sugerencias que contribuirán al crecimiento del proyecto a futuro:

- Incorporar nuevas funcionalidades a los OVA's como juegos y simulaciones que mejoren la experiencia de usuario educativo y den un mayor atractivo para los niños de segunda infancia en el estudio de cada temática del contenido.
- Extender la escalabilidad de la aplicación añadiendo nuevas OVA's que apoyen nuevos temas de enseñanza en el área de la astronomía, por ejemplo: añadir OVA's que expliquen las fases de la luna y su incidencia en el planeta tierra, ilustración de un eclipse; incluir contenidos de astronomía de diferentes niveles de educación media.
- Desplegar la aplicación en otro tipo de plataformas como Windows phone, iOS, entre otras, para aumentar el rango de disponibilidad de la aplicación.
- Implementar nuevas tecnologías de visualización para la aplicación como las Google Glass, proyectores 3D y hologramas.
- Implementar nuevas tecnologías de interacción para la aplicación, como la tecnología Kinect, que es un sistema de control de movimiento para la consola Xbox 360.
- Crear una plataforma web que se conecte con la aplicación y permita contribuir con el aprendizaje de la astronomía de una manera colaborativa con los demás usuarios, como es compartir contenido, experiencias, sugerencias o preguntas entre los usuarios.

10. Bibliografía

- Agudelo, A. (2005). Modelo de Contexto para realidad aumentada. *Universidad EAFIT*, 41(138), 44-64.
- Alfonso, J., Galadi, D., & Morales, C. (2009). *100 Conceptos básicos de Astronomía*. Madrid.
- Azuma, R. T. (1977). A Survey of Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Environments* 6, 4 355-385., 48.
- Basogain, X., Izkara, J. L., & Borro, D. (2007). Educational Mobile Environment with Augmented Reality Technology. *INTED2007 Proceedings CD*. ISBN, 84-161. Recuperado el 16 de marzo de 2016, de http://158.227.75.138/Joomla/images/pdf/inted_2007_rasmap_1.pdf
- Blender Foundation. (2013). *Blender*. Recuperado el 20 de marzo de 2016, de Blender: <http://www.blender.org>
- BMW. (23 de mayo de 2010). *The international BMW website*. Recuperado el 28 de octubre de 2015, de The international BMW website: http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented_reality_introduction_1.html
- Canterbury, U. o. (2011). *Human Interface Technology New Zealand*. Recuperado el 16 de marzo de 2016, de <http://www.hitlabnz.org/index.php/research/augmented-reality?view=project&task=show&id=54>
- Carrasquilla, G., & Pinilla, H. (2013). Aplicacion de realidad aumentada en la enseñanza de la simetria molecular para lograr un aprendizaje significativo. Cartagena, Bolivar, Colombia.
- Caudell, T., & Mizell, D. (1992). Augmented reality: An application of head-up display technology to manual manufacturing processes. *Proceedings of the Hawaii Int'l Conference on System Sciences*, 659-669.
- Colombia aprende. (2014). *Colombia aprende*. Recuperado el 20 de marzo de 2016, de <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-172369.html>
- Cortés, H. (2 de Febrero de 2013). *Planetario de medellin*. Obtenido de <http://www.planetariomedellin.org/blog-y-noticias/libros-electronicos-de-astronomia-ciencias-espaciales-y-divulgacion-cientifica/>
- Eduteka. (9 de Agosto de 2004). *Eduteka*. Obtenido de <http://www.eduteka.org/modulos/11/350/635/1>
- EL TIEMPO. (19 de Febrero de 2013). *Colombia, número uno del mundo en crecimiento de 'smartphones' - Archivo - Archivo Digital de Noticias de Colombia y el Mundo desde 1.990 - eltiempo.com*. Obtenido de El TIEMPO: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12604488>

- Esteban, P., Restrepo, J., Trefftz, H., Jaramillo, J. E., & Alvarez, N. (2005). La Enseñanza para la Comprensión apoyada con la Realidad Aumentada en el Cálculo de Varias Variables. *Universidad EAFIT*, 44-64. Recuperado el 16 de Marzo de 2016, de <http://www.eafit.edu.co/EafitCn/Investigacion/Grupos/Ingenieria/RealidadVirtual/Reali>
- European Commission. (2012). *ARISE*. Recuperado el 16 de Marzo de 2016, de <http://www.arise-project.org/>
- Fajardo, J., & Pereira, W. (2013). Aplicación interactiva basada en realidad aumentada para el aprendiz de ajedrez básico. Cartagena, Bolivar, Cartagena.
- García, A. (2013). *El Papel Del Docente Y La Enseñanza En El Proceso Educativo, Mediado Por La Tecnología*. Recuperado el 05 de Julio de 2015, de Virtual Educa: <http://www.virtualeduca.info/ponencias2013/35/PonenciaVirtualEducaAntonioClaret.doc>
- Glanville, S. (21 de agosto de 2011). *Anim8or*. Recuperado el 20 de marzo de 2016, de Anim8or: <http://www.anim8or.com/main/index.html>
- Google. (2011). *Google Mobile*. Recuperado el 16 de marzo de 2016, de <http://www.google.com/mobile/skymap/>
- Hodgins, W. (2000). Into the Future A Vision Paper. *Commission on Technology and Adult Learning*.
- Kaufmann, H. (2011). *Vienna University of Technology*. Recuperado el 16 de marzo de 2016, de <https://www.ims.tuwien.ac.at/projects/construct3d>
- Ley 115. (8 de febrero de 1994). *Ley 115 de Febrero 8 de 1994*. Santafé de Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- Liarokapis, M., White, D., Sifniotis, P., & Basu, L. (2004). Web3D and Augmented Reality to support Engineering Education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 11-14.
- Lorett, D., Marrugo, T., & Tovar, L. C. (2011). *Sistema de guía turística Insitu, basada en realidad aumentada para Cartagena de Indias*. Cartagena.
- Martelo, R. P. (2012). Sistema guía de museo basado en realidad aumentada prototipo funcional. Cartagena, Bolivar, Colombia.
- MEN. (9 de junio de 2010). <http://www.mineduccion.gov.co/>. Obtenido de Mineducación: <http://www.mineduccion.gov.co/1621/w3-article-233839.html>
- MEN, M. d. (22 de octubre de 2008). *Ministerio de Educacion Nacionnal*. Obtenido de http://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf
- MIT. (29 de agosto de 2013). *MIT STEP*. Recuperado el 16 de marzo de 2016, de <http://education.mit.edu/projects/mitar-games>
- Murgich, V. (7 de agosto de 2013). *Merca2.0*. Recuperado el 28 de octubre de 2016, de Merca2.0: <http://www.merca20.com/ikea-crea-catalogo-de-realidad-aumentada-que-muestra-como-quedan-los-muebles-en-tu-propia-casa/>

- Murphy, G., Kersten, M., & Findlater, L. (2006). How are Java software developers using the Eclipse IDE? *IEEE*, 76,83.
- NASA. (8 de 2004). *National Aeronautics and Space Administration*. Obtenido de <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=SolarSys>
- O'Malley, C., Vavoula, G., Glew, J. P., Taylor, J., Sharples, M., & Lefrere, P. (10 de junio de 2003). *Guidelines for learning/teaching/tutoring in a mobile environment*. Recuperado el 14 de mayo de 2016, de www.mobilearn.org: <http://www.mobilearn.org/download/results/guidelines.pdf>
- Oracle Corporation. (Diciembre de 2000). *NetBeans IDE*. Obtenido de <https://netbeans.org/features/index.html>
- Pan, Z., Cheok, A. D., Yang, H., Zhu, J., & Shi, J. (2006). Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Graphics*, 20-28.
- RAC. (2013). *Red de astronomia de Colombia*. Recuperado el 27 de febrero de 2016, de Red de astronomia de Colombia: http://www.rac.net.co/index.php?option=com_contact&view=category&catid=49&Itemid=171
- RAE, R. A. (2014). *Real Academia Española*. Obtenido de <http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=NnRhic0WVDXX2exaaxjh>
- Realidad virtual. (30 de marzo de 2005). *Realidad virtual*. Recuperado el 19 de marzo de 2016, de Realidad virtual: <http://www.realidadvirtual.com/que-es-la-realidad-virtual.htm>
- Rodríguez, I., & Ryan, G. (2001). Integración de materiales didácticos hipermedia en entornos virtuales de aprendizaje: retos y oportunidades. *Revista iberoamericana de educación*, 177-203.
- Serrano, A. (Septiembre de 2012). *Universidad politecnica de Valecia*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18028/Memoria%20TFM%20Ana%20Serrano.pdf?sequence=1>
- Simonetti, A., & Paredes, J. (19 de marzo de 2013). *Vuforia v1.5 SDK: Analysis and evaluation of capabilities*. Recuperado el 11 de mayo de 2016, de <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/17769/4/memoria.pdf>
- SSAT. (2010). *learnAR*. Recuperado el 28 de octubre de 2016, de [learnAR](http://www.learnar.org/): <http://www.learnar.org/>
- Tamayo, X. d. (Noviembre de 2011). LA ASTRONOMÍA UNA CIENCIA DE TODOS Y PARA TODOS. *Práctica docente como requisito para optar al título de Magíster en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales*. Medellin, Antioquia, Colombia.
- Terminal Eleven LLC. (2010). *Google play*. Recuperado el 16 de marzo de 2016, de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.t11.celeste.se&hl=es>

- Tiscar, L. (2010). *Mobile Learning EOI: Abriendo el aula*. Recuperado el 9 de mayo de 2016, de www.eoi.es
- Tovar, L. C., Bohórquez, J. A., & Puello, P. (20 de enero de 2014). PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE BASADOS EN REALIDAD AUMENTADA. *Formacion Universitaria vol.7 no.2 La Serena 2014*. Recuperado el 1 de mayo de 2016, de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50062014000200003&script=sci_arttext
- Tovar, L., Bohórquez, J., & Puello, P. (2014). Propuesta Metodológica para la Construcción de Objetos Virtuales de Aprendizaje basados en Realidad Aumentada. *Formación Universitaria*, 7.
- UCL. (2012). *The UCL Department of Computer Science*. Recuperado el 16 de marzo de 2016, de <http://www.cs.ucl.ac.uk/research/vr/Projects/Create/>
- Unity Technologies. (30 de Mayo de 2005). *Unity Technologies*. Obtenido de <http://unity3d.com/es/unity>
- Vargas, E. (22 de diciembre de 2009). *Clases de periodismo*. Recuperado el 28 de octubre de 2015, de <http://www.clasesdeperiodismo.com/2009/12/22/soho-la-realidad-aumentada-y-el-futuro-de-las-revistas/>
- Vito Technology. (2010). *vito technology*. Recuperado el 16 de marzo de 2016, de <http://vitotechnology.com/star-walk.html>
- Wiley, D. (Junio de 2000). LEARNING OBJECT DESIGN AND SEQUENCING THEORY.

11. Anexos

11.1 Anexo A

Encuesta de satisfacción

Responda la siguiente encuesta de satisfacción:

Dónde:

- 1: Muy poco
- 2: Poco
- 3: Regular
- 4: Aceptable
- 5: Muy Aceptable

Nota: Por favor diligenciar todos los ítems.

Nº	Preguntas	Respuestas				
		1	2	3	4	5
1	¿El contenido de la cartilla didáctica es el apropiado para la enseñanza y aprendizaje de los principios de astronomía básica?					
2	¿El tiempo tomado por la aplicación para la detección de los marcadores y para el despliegue de los cuerpos celestes y conceptos teóricos es el apropiado?					
3	¿Los modelos 3D de los cuerpos celestes y conceptos teóricos corresponden a la realidad?					
4	¿Qué cantidad de errores llegó a observar al desplegar las animaciones, cuerpos celestes y conceptos teóricos en la aplicación?					
5	¿Qué satisfacción le causó la aplicación?					

6	Nivel de complejidad del contenido evaluativo.					
7	¿La aplicación ayuda en el proceso de enseñanza–aprendizaje?					
8	¿Es necesario adicionar contenido temático a la aplicación?					

11.2 Anexo B

Test de conocimiento

Unidad 1. El Sistema Solar

Estructura del sistema solar

1. ¿Cuántos planetas tiene el sistema solar?
 - a. 10
 - b. 5
 - c. 8**
 - d. 9
2. ¿En cuál de los siguientes planetas llueven diamantes?
 - a. Júpiter
 - b. Neptuno**
 - c. Saturno
 - d. Mercurio
3. ¿Cuál es el planeta más grande del sistema solar?
 - a. Saturno
 - b. Marte
 - c. Neptuno
 - d. Júpiter**
4. ¿Cuál es el planeta más pequeño del sistema solar?
 - a. Mercurio**
 - b. Marte
 - c. Tierra
 - d. Urano
5. ¿Cuáles de los siguientes planetas poseen anillos?
 - a. Saturno y Marte
 - b. Tierra y Júpiter
 - c. Neptuno y Mercurio
 - d. Urano y Saturno**

6. ¿Cuál es el planeta más denso del sistema solar?
- a. Júpiter
 - b. Mercurio
 - c. Tierra**
 - d. Venus
7. ¿Cuál es el planeta menos denso del sistema solar?
- a. Saturno**
 - b. Marte
 - c. Neptuno
 - d. Tierra
8. ¿Qué lugar ocupa el planeta Marte en el sistema solar?
- a. Tercero
 - b. Cuarto**
 - c. Octavo
 - d. Séptimo
9. ¿Cuál es el único planeta con registros de vida?
- a. Tierra**
 - b. Mercurio
 - c. Urano
 - d. Saturno

Plutón y cuerpos menores del sistema solar

10. ¿Dónde se encuentra Plutón?
- a. Antes de mercurio
 - b. Después de Urano
 - c. En marte
 - d. Después de Neptuno**
11. ¿De dónde procede la palabra “cometa”?
- a. De un juego
 - b. Del idioma griego**
 - c. De un científico

- d. De un animal
12. Los asteroides constituyen un conjunto numeroso y heterogéneo de pequeños astros, también denominado:
- a. Planetas enanos
 - b. OVNIS
 - c. Meteoritos
 - d. Planetas menores**
13. Los asteroides llegan a tener un diámetro inferior a:
- a. 1000 kilómetros**
 - b. 1000 metros
 - c. 10 pies
 - d. 50 metros
14. Los meteoroides al tocar la atmósfera se les conocen como:
- a. Meteoro**
 - b. Satélite
 - c. Bólido
 - d. Meteorito

El Sol

15. ¿En qué zona del sol la energía es transportada principalmente hacia el exterior?
- a. Fotosfera
 - b. Zona radiactiva**
 - c. Núcleo
 - d. Zona convectiva
16. ¿Cuánto tiempo demora en llegar la luz del Sol a la Tierra?
- a. 1 año
 - b. 3 horas, 15 minutos
 - c. 8 minutos, 19 segundos**
 - d. 365 días
17. ¿Qué nombre posee la “superficie” Solar?
- a. Hidrosfera

- b. Fotosfera**
 - c. Atmósfera
 - d. Litosfera
- 18. ¿Dónde se genera la energía del Sol?
 - a. Fotosfera
 - b. Zona convectiva
 - c. Núcleo**
 - d. Zona radiactiva
- 19. ¿A qué distancia de la Tierra está el Sol?
 - a. 150 millones de metros
 - b. 150 millones de millas
 - c. 150 millones de kilómetros**
 - d. 150 millones de pies
- 20. ¿Cuál es la principal fuente de energía en la tierra?
 - a. El Petróleo
 - b. El Sol**
 - c. La Electricidad
 - d. El agua
- 21. El elemento de mayor tamaño en el sistema solar es:
 - a. Saturno
 - b. Neptuno
 - c. Júpiter
 - d. El Sol**
- 22. ¿De qué manera manifiesta su energía el sol?
 - a. Rayos X y calor
 - b. Luz y Calor**
 - c. Rayos X y luz
 - d. Solo luz
- 23. Por lo general: ¿Qué seres en la tierra aprovechan la energía del Sol?
 - a. Herbívoros

- b. Carnívoros
- c. Mamíferos
- d. Fotosintéticos**

Unidad 2. Modelo planetario desde fuerzas gravitacionales

24. ¿En la tercera ley de Kepler: Qué es directamente proporcional al cuadrado del periodo (T^2)?
- a. El tiempo
 - b. El semieje al cubo (r^3)**
 - c. El tamaño del sol
 - d. La longitud de la elipse
25. ¿De qué forma orbitan los planetas?
- a. En forma circular
 - b. En forma triangular
 - c. En forma de elipse**
 - d. En forma de cuadro
26. ¿Cuántas leyes acerca del movimiento de los planetas formuló Johannes Kepler?
- a. Cinco
 - b. Dos
 - c. Cuatro
 - d. Tres**
27. Analizando nuestro sistema solar: ¿Qué leyes de Kepler se cumplen?
- a. La primera y la tercera
 - b. Solo la segunda
 - c. Todas las leyes**
 - d. Todas excepto la tercera
28. Cual expresión es falsa acerca de las leyes de Kepler:
- a. El semieje mayor de la órbita es la línea que une al planeta y al sol**
 - b. El sol es uno de los focos del sistema solar
 - c. Todos los planetas se mueven elípticamente
 - d. El cuadrado del periodo es proporcional al cubo del semieje

Unidad 3. Las Estrellas

Formación y extinción de estrellas

29. ¿De qué elementos están generalmente hechas las nubes moleculares?
- a. Oxígeno e hidrógeno
 - b. Helio y Nitrógeno
 - c. Helio e Hidrógeno**
 - d. Hierro y Helio
30. ¿Qué estrella está compuesta principalmente de neutrones?
- a. Estrella supergigante
 - b. Enana negra
 - c. Estrella de neutrones**
 - d. Enana blanca
31. La estrella Sirio B es una:
- a. Estrella de neutrones
 - b. Enana blanca**
 - c. Enana azul
 - d. Protoestrella
32. Las gigantes rojas son:
- a. Estrellas luminosas**
 - b. Estrellas superpesadas
 - c. Estrellas livianas
 - d. Estrellas de neutrones
33. Ninguna partícula material, ni siquiera la luz, puede escapar de:
- a. Una supergigante roja
 - b. Una supernova
 - c. Un agujero negro**
 - d. Una estrella de neutrones
34. Las estrellas generalmente nacen de:
- a. Agujeros negros
 - b. Nubes moleculares**

- c. El vacío
 - d. Otras estrellas
35. Una enana roja al agotar la mayor parte de su hidrógeno se convierte en:
- a. Supernova
 - b. Enana azul**
 - c. Estrella de neutrones
 - d. Protoestrella
36. Indique cual es la expresión correcta:
- a. Los agujeros negros crean estrellas
 - b. Las estrellas de neutrones poseen poca energía
 - c. Las estrellas enanas negras son astros hipotéticos**
 - d. Las nubes moleculares consumen a las estrellas
37. Las protoestrellas son:
- a. Gas condensado para formar nueva estrella**
 - b. Gas resultante de supernova
 - c. Estrellas moribundas
 - d. Nubes moleculares

Clases de estrellas según Morgan-Keenan-Kellman (MKK)

38. Sirio A es una estrella de clase:
- a. K
 - b. O
 - c. A**
 - d. M
39. ¿Qué clases de estrellas son las más grandes?:
- a. A
 - b. G
 - c. M
 - d. O**
40. ¿A qué clase de estrella pertenece nuestro Sol?
- a. F

- b. B
- c. G**
- d. K

41. ¿Cuál es la clase de estrella más común en el universo?

- a. K
- b. A
- c. F
- d. M**

42. Organizando las clases de estrellas de menor tamaño a mayor tamaño: ¿Qué opción es correcta?

- a. B, O, F, A, K, M y G
- b. N, K, G, F, A, B y O
- c. F, O, K, M, G, B, Y M
- d. M, K, G, F, A, B y O**

43. ¿De qué color suelen ser las estrellas clase M?

- a. Verdes
- b. Rojas**
- c. Azules
- d. Anaranjadas

Hoja de respuestas

Nombre:	Fecha:
Curso:	

El presente cuestionario es un instrumento para evaluar si el estudiante adquirió conocimientos de astronomía con la ayuda de la herramienta propuesta.

Instrucciones Generales

- Lea con atención cada pregunta
- Marque con una “X” la respuesta que considere que es correcta, ya sea falsa o verdadera

Nº	Pregunta	Respuestas			
		A	B	C	D
1	¿Cuántos planetas tiene el sistema solar?				
2	¿En cuál de los siguientes planetas llueven diamantes?				
3	¿Cuál es el planeta más grande del sistema solar?				
4	¿Cuál es el planeta más pequeño del sistema solar?				
5	¿Cuáles de los siguientes planetas poseen anillos?				
6	¿Cuál es el planeta más denso del sistema solar?				
7	¿Cuál es el planeta menos denso del sistema solar?				
8	¿Qué lugar ocupa el planeta Marte en el sistema solar?				
9	¿Cuál es el único planeta con registros de vida?				
10	¿Dónde se encuentra Plutón?				
11	¿De dónde procede la palabra “cometa”?				
12	Los asteroides constituyen un conjunto numeroso y heterogéneo de pequeños astros, también denominado:				
13	Los asteroides llegan a tener un diámetro inferior a:				
14	Los meteoroides al tocar la atmósfera se les conocen como:				
15	¿En qué zona del sol la energía es transportada principalmente hacia el exterior?				
16	¿Cuánto tiempo demora en llegar la luz del Sol a la Tierra?				
17	¿Qué nombre posee la “superficie” Solar?				
18	¿Dónde se genera la energía del Sol?				
19	¿A qué distancia de la Tierra está el Sol?				
20	¿Cuál es la principal fuente de energía en la tierra?				
21	El elemento de mayor tamaño en el sistema solar es:				
22	¿De qué manera manifiesta su energía el sol?				
23	Por lo general: ¿Qué seres en la tierra aprovechan la energía del Sol?				
24	¿En la tercera ley de Kepler: Qué es directamente proporcional al cuadrado del periodo (T^2)?				
25	¿De qué forma orbitan los planetas?				
26	¿Cuántas leyes acerca del movimiento de los planetas formuló Johannes Kepler?				
27	Analizando nuestro sistema solar: ¿Qué leyes de Kepler se cumplen?				
28	Cual expresión es falsa acerca de las leyes de Kepler:				
29	¿De qué elementos están generalmente hechas las nubes moleculares?				
30	¿Qué estrella está compuesta principalmente de neutrones?				
31	La estrella Sirio B es una:				

32	Las gigantes rojas son:				
33	Ninguna partícula material, ni siquiera la luz, puede escapar de:				
34	Las estrellas generalmente nacen de:				
35	Una enana roja al agotar la mayor parte de su hidrógeno se convierte en:				
36	Indique cual es la expresión correcta:				
37	Las protoestrellas son:				
38	Sirio A es una estrella de clase:				
39	¿Qué clases de estrellas son las más grandes?:				
40	¿A qué clase de estrella pertenece nuestro Sol?				
41	¿Cuál es la clase de estrella más común en el universo?				
42	Organizando las clases de estrellas de menor tamaño a mayor tamaño: ¿Qué opción es correcta?				
43	¿De qué color suelen ser las estrellas clase M?				

11.3 Anexo C

Cuestionario	Preguntas																																											Total fila		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	33	
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	34	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	34
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	33
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	35
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	32	
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	31	
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	33	
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	37
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	29
Total columna	10	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	7	10	0	10	10	10	9	10	9	8	10	10	9	10	10	10	1	1	9	10	0	8	10	2	1	8	2	9	7	10	1	1	331		
promedio	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	1	1	0,7	1	0	1	1	1	0,9	1	0,9	0,8	1	1	0,9	1	1	1	0,1	0,1	0,9	1	0	0,8	1	0,2	0,1	0,8	0,2	0,9	0,7	1	0,1	0,1			
desvest (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,32	0	0	0,48	0	0	0	0	0	0,32	0	0,32	0,42	0	0	0,32	0	0	0,32	0,32	0,32	0	0	0,42	0	0,42	0,32	0,42	0,42	0,32	0,48	0	0,32	0,32				
desvest (S^2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,23	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0,18	0	0	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0,18	0	0,18	0,1	0,18	0,18	0,1	0,23	0	0,1	0,1				
ΣS2	2,46																																													
NO TOCAR																																														
Cuestionario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	Total		
Bueno	10	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	7	10	0	10	10	10	9	10	9	8	10	10	9	10	10	10	1	1	9	10	0	8	10	2	1	8	2	9	7	10	1	1	331		
Malo	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	10	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1	0	0	0	9	9	1	0	10	2	0	8	9	2	8	1	3	0	9	9	99		
Total	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Ilustración 55. Anexo C. Tabla de datos test de conocimiento.

11.4 Anexo D



UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA - COLOMBIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN - ARGENTINA

**Congreso Internacional de Educación, Tecnología y Ciencia
CIETyC 2016**

Hace constar que **Luis C. Tovar Garrido, Raúl José Martelo Gómez y Jesús Rodríguez Henao** ha(n) ocupado el **primer lugar** en el concurso de ponencias correspondiente a **Línea de Tecnología** con la ponencia titulada **“Herramienta didáctica para la enseñanza de los principios básicos de astronomía a niños mediante Realidad Aumentada”** en el CIETyC 2016, desarrollado en la Universidad De La Guajira (Colombia), entre el 22 y 24 de junio de 2016, organizado por la Universidad de La Guajira – Colombia y el Centro Tecnológico Educativo de la Universidad Nacional de San Juan – Argentina, se le otorga el presente certificado.

 Alberto Celedón Molinares Vicerrector de Investigación Universidad De La Guajira Colombia	 Américo Sirvente Director centro tecnológico universidad nacional de San Juan argentina Argentina	 Carmen Luisa Maya Pabón. Directora de Extensión Universidad De La Guajira Colombia
---	--	--

GRUPOS DE INVESTIGACIÓN: BIEMARC, CATÁLISIS Y MATERIALES, MALEVAJOHU, PRO- EDUCAR, TEPICHE, EVOLUCIÓN VIRTUAL, COINVES, MADRE TIERRA, GIPRODES Y EL CENTRO TECNOLÓGICO EDUCATIVO DE LA UNIVERSIDAD DE SAN JUAN, ARGENTINA.

Riohacha, La Guajira, del 20 al 24 de junio de 2016