

REALIDAD AUMENTADA:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN
DE UNA HERRAMIENTA DE
CORTE CONSTRUCTIVISTA PARA
EL APRENDIZAJE DE
CONCEPTOS DE FÍSICA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

Ricardo Duarte Jáquez
Rector

David Ramírez Perea
Secretario General

Manuel Loera de la Rosa
Secretario Académico

Francisco López Hernández
Director del Instituto de Ingeniería y Tecnología

Luis Enrique Gutiérrez Casas
Coordinador General de Investigación y Posgrado

Ramón Chavira
*Director General de Difusión Cultural
y Divulgación Científica*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

REALIDAD AUMENTADA:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN
DE UNA HERRAMIENTA DE
CORTE CONSTRUCTIVISTA PARA
EL APRENDIZAJE DE
CONCEPTOS DE FÍSICA

SÁNCHEZ ESCOBEDO RICARDO ERNESTO

RAMÍREZ SÁNCHEZ JAVIER

PARROQUÍN AMAYA PATRICIA CRISTINA

FLORES GARCÍA SERGIO

CHÁVEZ PIERCE JUAN ERNESTO

GONZÁLEZ QUEZADA MARÍA DOLORES

CARRILLO SAUCEDO VÍCTOR MANUEL

FÍSICA Y MATEMÁTICA EDUCATIVA

LISBEILY DOMÍNGUEZ RUVALCABA

COORDINADORA DE LA COLECCIÓN

Colección Reportes Técnicos de Investigación ISBN: 978-607-7953-80-7
Serie IIT, Vol. 19. ISBN: 978-607-520-174-0

D.R. © 2015 Sánchez Escobedo Ricardo Ernesto, Ramírez Sánchez Javier, Parroquín Amaya Patricia
Cristina, Flores García Sergio, Chávez Pierce Juan Ernesto, González Quezada María
Dolores, Carrillo Saucedo Víctor Manuel

La edición, diseño y producción editorial de este documento estuvo a cargo de la Dirección General de
Difusión Cultural y Divulgación Científica, a través de la Subdirección de Publicaciones

Cuidado de la edición y diagramación: Subdirección de Publicaciones

Primera edición, 20145
© 2014 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Av. Plutarco Elías Calles 1210
Fovissste Chamizal, C.P. 32310
Ciudad Juárez, Chihuahua, México
Tel. +52 (656) 688 2260

<http://www2.uacj.mx/publicaciones>

ÍNDICE

Resumen	7
Abstract	8
Palabras clave	8
Usuarios potenciales	8
Reconocimientos	8
I. INTRODUCCIÓN	9
II. PLANTEAMIENTO	
2.1 Marco teórico	9
III. METODOLOGÍA	19
IV. RESULTADOS	25
V. CONCLUSIONES	28
Referencias	29

RESUMEN

En los últimos años, la “realidad aumentada” (RA) ha potencializado su utilidad y ha demostrado ser una herramienta confiable y aplicable a diversas áreas como la medicina, la industria, las ciencias, la enseñanza, el entretenimiento y la robótica, entre otras. La capacidad de la realidad aumentada de insertar objetos virtuales en el mundo real la ha convertido en una herramienta muy útil para presentar contenidos bajo las premisas de entretenimiento y educación. Además, ha demostrado su función pedagógica en otro tipo de escenarios, como los museos interactivos, donde el objeto se presenta en forma atractiva pero a la vez didáctica. Este tipo de ambientes virtuales permiten también observar objetos creados a partir de figuras o ecuaciones matemáticas, de manera semejante a como lo haría un estudiante con modelos reales. El presente trabajo tiene por objeto central el diseño e implementación de una estrategia de enseñanza no tradicional que, en términos generales, pretende inducir al estudiante a observar, analizar, opinar, formular hipótesis, buscar soluciones y descubrir el conocimiento por sí mismo. En términos particulares, la estrategia pretende propiciar, en los estudiantes de Física II del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, el entendimiento de los núcleos conceptuales relacionados con el movimiento de proyectiles en dos dimensiones a través del recurso tecnológico llamado “realidad aumentada”. En la implementación del proyecto se trabajó con dos grupos: el grupo control y el grupo experimento. El primero de éstos estuvo conformado por estudiantes de ingeniería de la misma materia (Física II), expuestos a una enseñanza de tipo convencional. Los resultados indican que el grupo experimento mostró una ganancia de conocimiento mayor que el grupo de control después de la propuesta. Una de las posibles causas de esta diferencia podría ser la ventaja que ofrece la visualización de los objetos físicos y matemáticos a partir de este espacio virtual.

ABSTRACT

The utility of “augmented reality” has increased its potentiality in the last years. It has demonstrated to be a reliable tool in areas as medicine, industry, science, entertainment, and robotics, among others. The augmented reality’s capacity of inserting virtual objects in the real life has converted it in a very helpful technological tool to present entertainment and educative contents. Moreover, it has demonstrated its pedagogical function in different scenarios as in museums, where the object is presented in an attractive and didactic way simultaneously. These kind of virtual environments allow the observation of objects created from mathematical figures or equations, as students would do with real models. In general terms, the central purpose of this paper is the design and implementation of a non-traditional didactic tool to induce students to analyze, formulate hypothesis, look for solutions, and to discover the knowledge by themselves. The understanding of conceptual nucleus of projectile motion by students of the Engineering and Technological Institute of University of Ciudad Juárez who are taking the Physics II course is our particular goal. Two groups were selected to collaborate in this project: the experiment and the control groups. The control group was exposed to a traditional instruction. Meanwhile, the experiment group was exposed to an augmented reality lab. Analysis of the results indicates that the experiment group showed a greater knowledge gain than the control group. The advantage that physical and mathematical objects visualization provided through this virtual space could be the cause to this gain difference.

Palabras clave: Realidad aumentada, física educativa, tecnología educativa, tiro parabólico.

USUARIOS POTENCIALES:

Profesores e investigadores de las áreas de física, matemáticas y tecnología educativa.

RECONOCIMIENTOS:

Agradecemos al Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez por su apoyo en el desarrollo de este proyecto. También, a los alumnos de la materia de Física II que colaboraron con su tiempo y esfuerzo, tanto en la realización de la práctica de laboratorio como en el proceso de evaluación del aprendizaje.

Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objeto el diseño e implementación de una estrategia de enseñanza no tradicional que, en términos generales, pretende inducir al estudiante a observar, analizar, opinar, formular hipótesis, buscar soluciones y descubrir el conocimiento por sí mismo. En términos particulares, la estrategia pretende propiciar en los estudiantes el entendimiento de los núcleos conceptuales más importantes relacionados con el movimiento de proyectiles en dos dimensiones, correspondientes a la materia de Física II (Dinámica) que se imparte en el Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ).

La implementación de la estrategia se llevó al cabo a través de dos herramientas didácticas fundamentales interrelacionadas: la herramienta tecnológica “realidad aumentada” (RA) y prácticas de laboratorio. Por RA se entiende la sobreposición de objetos o animaciones generados por computadora sobre la imagen, en tiempo real, que recoge una cámara web, lográndose un entorno real aumentado con un ambiente virtual. La práctica de laboratorio de física enfatiza la construcción del nuevo saber a partir de conocimientos previos rescatados a través de la visualización, la pregunta y la predicción con el apoyo del recurso tecnológico.

2. PLANTEAMIENTO

El presente apartado muestra información de proyectos anteriores, mayoritariamente similares a la idea que se va a desarrollar; otros no tienen semejanza con dicha idea, pero tienen como base el empleo de la tecnología de RA. También se mencionan algunas de las herramientas de trabajo que puede utilizar la RA. Estos proyectos fueron desarrollados por empresas, universidades, estudiantes y egresados de la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales del IIT de la UACJ, del 2001 al 2011.

2.1 Antecedentes

En el año 2011, universidades de prestigio como el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y Harvard desarrollaron aplicaciones de RA en formato de juegos. Éstos buscaban que los estudiantes se involucraran en la educación combinando las experiencias del mundo real con la información extra que se presenta en dispositivos móviles. Además, han desarrollado juegos para enseñar temas de matemáticas y ciencias.

En el Instituto para el Análisis Inteligente y Sistemas de Información (IAIS), de la Sociedad Fraunhofer, desarrollaron el proyecto ARiSE (2006), una plataforma ba-

- 10 sada en RA cuyo enfoque principal está en la educación de nivel secundaria. Esta herramienta basada en 3D facilita la comprensión de las materias de ciencias; los estudiantes interactúan con objetos virtuales en un entorno real aumentado y además desarrollan el aprendizaje experimental (Wind, Guiliano, Bogen. 2006).

El proyecto Web3D (2004) *Augmented reality to support engineering education*, es una herramienta que sirve de apoyo para estudiantes de ingeniería empleando la realidad virtual y RA, que permite a los estudiantes visualizar los distintos objetos con sus diferentes componentes para facilitar su comprensión (Mourkoussis, White, Darcy, 2004).

En el año 2001 se desarrolló el proyecto The magic book—moving seamlessly between reality and virtuality, una de las aplicaciones más conocidas de la RA en la educación. En este material, el estudiante lee un libro real a través de una cámara y ve contenidos virtuales sobre hojas reales; esto es, el estudiante ve una escena de RA que puede introducirse dentro del entorno real y experimentarla en un entorno virtual inversivo (Katio, Poupyrev, Billingham, 2001). Fruto de esta misma dimensión educativa se han desarrollado en España varios proyectos para aulas como Big-Bang 2.0 (2011), un juego para mayores de 12 años que pretende explicar de forma lúdica las diferentes fases del proceso de creación del universo.

En matemáticas, los ambientes virtuales permiten observar los objetos creados a partir de figuras o ecuaciones, de manera semejante a como lo haría un estudiante con modelos reales. Un ejemplo es Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality (2003), donde se desarrolla una herramienta llamada Costruct 3D, que sirve para la enseñanza de las matemáticas y la geometría (Kaufman, 2003).

En resumen, la realidad virtual permite crear ambientes para que una persona pueda interactuar en ellos y vivir esta experiencia como si ocurriera en un entorno real. Esto es, las muy diversas aplicaciones de realidad aumentada tienen mucho potencial práctico, como por ejemplo, ayudar a los usuarios a navegar en una nueva ciudad o encontrar asientos en un estadio lleno. Además, abre una nueva dimensión en la mercadotecnia (Griner, 2011). El uso de la RA se ha incrementado considerablemente en los últimos años, proporcionando un desarrollo que impacta muy diversos ámbitos y logrando un beneficio en la vida cotidiana de la población.

2.2 Marco teórico

Enseguida se abordarán las áreas de realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA), sus diferencias y aplicabilidad en el proyecto que nos ocupa. Dicho proyecto contiene videos de prácticas de física con RA, donde el estudiante mostrará diferentes marcadores que le permitirán visualizar un objeto o una simulación durante ciertos

Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

intervalos de tiempo en un video.

11

El término “realidad virtual” se asocia a casi todo aquello que tiene que ver con imágenes en tres dimensiones generadas por computadora y la interacción de los usuarios con este ambiente gráfico. Ello supone la existencia de un complejo sistema electrónico para proyectar espacios visuales en 3D y para enviar y recibir señales con información sobre la actuación del usuario, quien en un sistema de este tipo puede sentir que se encuentra inmerso en un mundo virtual. Otra definición de la realidad virtual es una simulación de un ambiente tridimensional generado por computadoras, donde el usuario es capaz tanto de visualizar como de manipular los contenidos de ese ambiente. Está regido por cuatro puntos característicos para que se pueda llevar a cabo dicha realidad:

“Display” de campo visual total, que se consigue usualmente mediante un “display” montado en el casco HMD (*head-mounted display*).

Seguimiento de las ubicaciones y posiciones de los cuerpos de los participantes.

Seguimiento de los movimientos y acciones de los participantes por parte de la computadora.

Retardo de tiempo despreciable en la actualización del display con la retroalimentación de los movimientos de los cuerpos y las acciones de los participantes (García, 1998).

La realidad virtual es una tecnología especialmente adecuada para la enseñanza debido a su facilidad para captar la atención de los estudiantes mediante su inmersión en mundos virtuales relacionados con las diferentes ramas del saber, lo cual puede ayudar en el aprendizaje de los contenidos de cualquier materia. En 1998, García Ruiz afirmaba que

[...] a partir de experimentos en la Universidad de Washington se llega a la conclusión de que con esta tecnología los estudiantes pueden aprender de manera más rápida y asimilar información de una manera más consistente que por medio del uso de herramientas de enseñanza tradicionales (pizarra, libros, etc.). Los estudiantes no sólo pueden leer textos y ver imágenes dentro de un casco de Realidad Virtual, sino que además pueden escuchar narraciones, efectos de sonido y música relacionados con el tema que están aprendiendo. Por medio del uso de los guantes de datos, los estudiantes pueden sentir la textura, las dimensiones e inclusive la temperatura de objetos virtuales que existen dentro del mundo virtual.

La realidad virtual puede ser aplicada en casi cualquier ámbito, educación, telecomunicaciones, juegos, entrenamiento militar, procesos industriales, medicina, trabajo a distancia, consulta de información, mercadotecnia, turismo, etcétera. Una de las

- 12 principales aplicaciones es la telerrobótica, que consiste en el manejo de robots a distancia. En la industria se utiliza para mostrar a los clientes aquellos productos que sería demasiado caro mostrar en forma y tiempo real. También se utiliza para tratar sistemas que no pueden ser manejados en el mundo real; por ejemplo, simulaciones de enfrentamientos bélicos o simuladores de vuelo.

Otros campos de aplicación son la construcción y la medicina. En la construcción facilita el diseño, ya que la realidad virtual permite visualizar interiores y exteriores de un edificio antes de construirlo. En la medicina, además, facilita la manipulación de órganos internos del cuerpo en intervenciones quirúrgicas. En la ciencia, dicha realidad puede consistir en el estudio de tormentas eléctricas, impactos geológicos de un volcán en erupción, diseño de compuestos químicos, análisis molecular. Asimismo, puede emplearse en la investigación en ingeniería genética, entre otros (Milgram, Takemura, Utsimui, 1994).

Una de las principales aplicaciones de la realidad virtual en el ámbito académico es la formación académica en escuelas de medicina, especialmente en las materias de anatomía y cirugía. En la Universidad de Washington se está experimentando con clases demostrativas de cirugía virtual (Milgram, Takemura, Utsimui, 1994).

Ronald Azuma define a la RA como una variación de los entornos virtuales o, como es más comúnmente llamada, la realidad virtual (RV). Las tecnologías de entornos virtuales hacen que el usuario esté completamente en un entorno sintético. Mientras está inmerso, el usuario no puede ver el mundo real que le rodea. Por el contrario, la RA permite ver al usuario el mundo real, con objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo real; por lo tanto, la RA complementa la realidad en lugar de reemplazarla por completo. Idealmente, parecería al usuario que los objetos reales y virtuales coexisten en el mismo espacio (Wind, Guiliano, Bogen, 2006).

Otra de las definiciones de la RA más aceptadas es la de Milgram P. y otros, que la definen como una línea a la que llaman *continuum* (figura 1). Cabe destacar que los autores no manejan la realidad aumentada y la realidad virtual como cosas totalmente distintas, sino que ambas forman parte de una línea continua donde en uno de los extremos se encuentra la realidad tal y como se recibe, en el otro lado de la línea se encuentra la realidad virtual y entre ambas percepciones tenemos la realidad aumentada (Milgram, Takemura, Utsimui, 1994).

Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

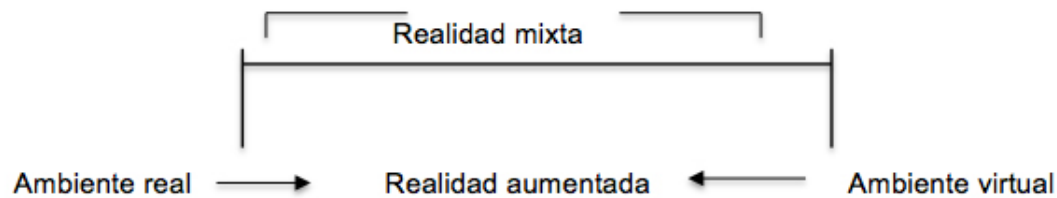


Figura 1. Imagen adoptada de la página ARToolKit, donde se muestra el proceso que realiza la librería

En 1968, Ivan Sutherland implementó el primer sistema de realidad virtual. Usó malla de alambres de gráficos y una pantalla montada en la cabeza (HMD, head-mounted display), que permitía a los usuarios ocupar el mismo espacio que los objetos virtuales. En la década de los ochenta del siglo pasado, la realidad virtual capturaba la imaginación de la prensa y los organismos gubernamentales de financiamiento. La realidad virtual y la realidad aumentada eran consideradas la misma tecnología, y no fue sino hasta 1992 cuando el investigador Tom Caudell, en un proyecto para la compañía Boeing, implementó el término realidad aumentada, comenzando así a diferenciarse la una de la otra (Caudell, Janin, Mizell, 1993).

Fue en 1999 cuando se dio un notable impulso a la RA, con el desarrollo de la librería ARToolKit, por el doctor Hirozaku Kato. Ésta es una librería gratuita, además de muy completa, lo que ocasionó su popularidad y rápida difusión. Actualmente, el desarrollo de la misma está siendo apoyada por el Laboratorio de Tecnologías de Interfaces Humanas (HIT Lab, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Washington, el HIT Lab de la Universidad de Canterbury en Nueva Zelanda y ARToolworks Inc. en Seattle (Kato, Billinghurst, 1999). En la tabla 1 se muestra la historia de la RA.

Tabla 1. Cronograma histórico de la realidad aumentada

Años/décadas	Acontecimientos
1970	En 1975, Myron Krueger crea el Videoplace, un laboratorio de realidad virtual que por primera vez diseña un sistema que permite a los usuarios interactuar con objetos virtuales.
1980	Jaron Lanier popularizó el término “realidad virtual”.
1990	Steven Feiner, Blair MacIntyre y Doree Seligmann diseñan KARMA, prototipo de un sistema de realidad aumentada. Hirokazu Kato desarrolla ARToolkit en el hit Lab.
2000-2009	Llega el “boom” de realidad aumentada. Se presenta ARQuake, el primer juego al aire libre con dispositivos móviles de realidad aumentada que fue desarrollada por Bruce H. Thomas. A finales del 2008 sale a la venta ar Wilkitude guía, una aplicación para viajes y turismo basada en sistemas de geoposicionamiento y brújula digital desarrolladas para la plataforma Android.

En el 2009, ARToolkit es portado a Adobe Flash (FLAR Toolkit) por Sagoosha. Se crea el logo oficial de realidad aumentada con el fin de estandarizar la identificación de la tecnología.
--

Al añadir objetos en un entorno real, la RA también tiene el potencial para eliminarlos; sin embargo, también se puede utilizar para eliminar u ocultar partes del entorno de un usuario. Se puede aplicar en todos los sentidos, no sólo la vista. Hasta ahora los investigadores se han centrado en la mezcla de imágenes reales y virtuales de gráficos, pero la RA podría extenderse para incluir sonidos. El usuario requiere usar auriculares equipados con los micrófonos en el exterior para reproducir sonido 3D y encubrir los sonidos del ambiente (Azuma).

Un diseño básico en la construcción de un sistema de RA consiste en cómo lograr la combinación de lo real y lo virtual. Dos opciones básicas están disponibles: la óptica y la videotecnología. En la óptica, para realizar esta construcción es necesario utilizar HMD, el cual es un dispositivo para combinar lo real y lo virtual; en la videotecnología, el *seethrough* permite ver el mundo con objetos virtuales puestos por tecnologías ópticas o video.

Con la videotecnología el usuario percibe la RA a través de lentes reflejantes parcialmente transparentes. La imagen que se quiere ver se refleja en los lentes y, a través de ellos, el usuario puede ver la realidad sin procesar, dando la impresión de que las imágenes virtuales se superponen a la imagen real (Kato, Billinghurst, 1999). Ver figura 2.

Con esta arquitectura se tiene una cámara enfocando a la realidad real y se crean las imágenes a mostrar con el generador. Después, se combina la imagen generada con la capturada por la cámara para mostrársela al usuario a través de monitores situados enfrente de sus ojos, con un casco similar a los usados en la realidad virtual. La figura 3 muestra cómo se ve a través de cascos con monitores HMD con dos cámaras de video colocadas en la parte superior del casco.

El monitor no se encuentra implementado en un casco ni se cuenta con una cámara grabando lo que ve el usuario. En este caso, la RA no funcionaría donde el usuario esté mirando, sino donde esté enfocada la cámara. La figura 4 muestra un sistema de monitor, con arquitectura basada en monitores externos. Las cámaras pueden ser estáticas o móviles (Kato, Billinghurst, 1999).

Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

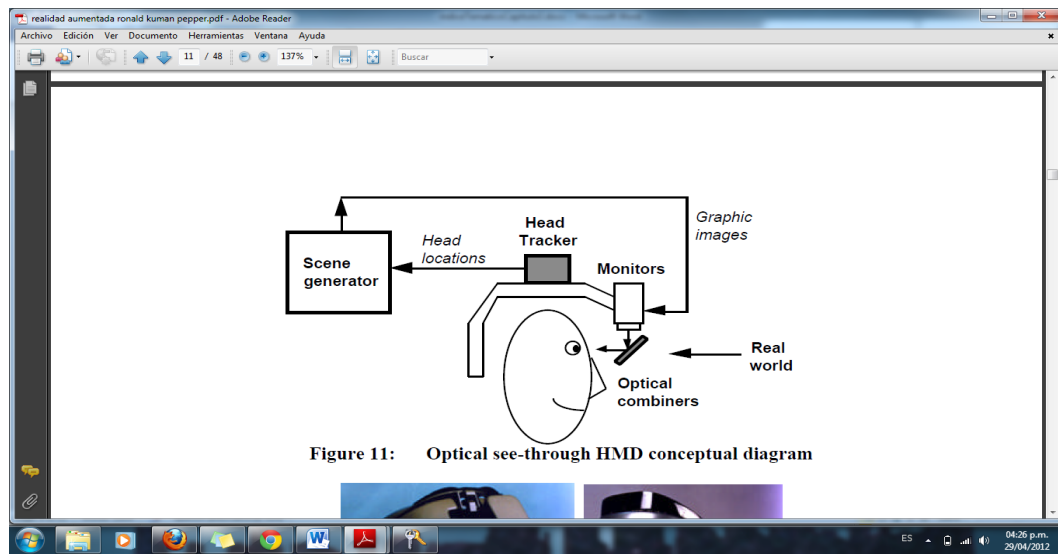


Figura 2. Diagrama conceptual. Arquitectura basada en lentes reflectantes (Kato, Billinghurst, 1999)

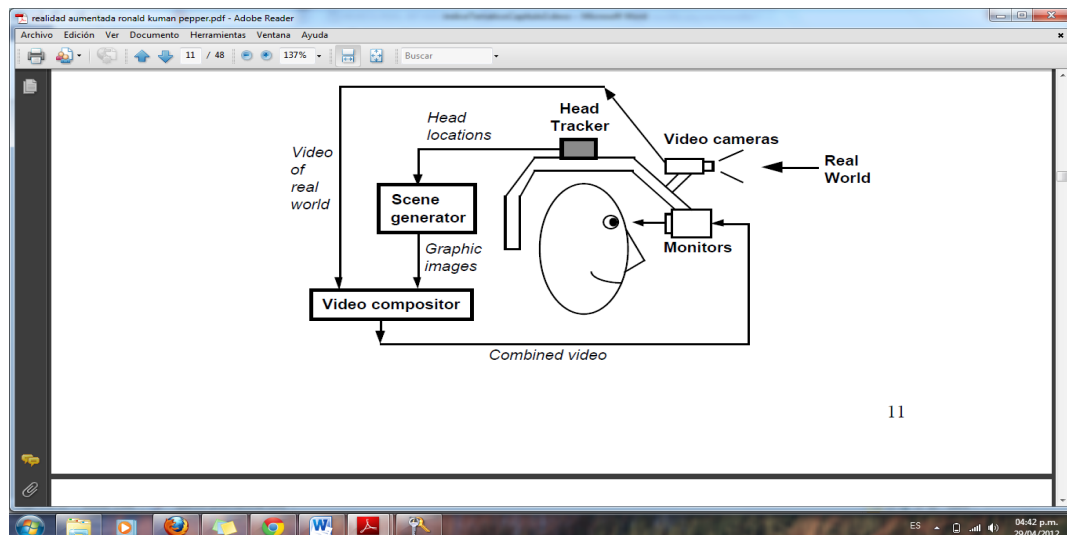


Figura 3. Diagrama conceptual. Arquitectura basada en cascos con monitores (Kato, Billinghurst, 1999)

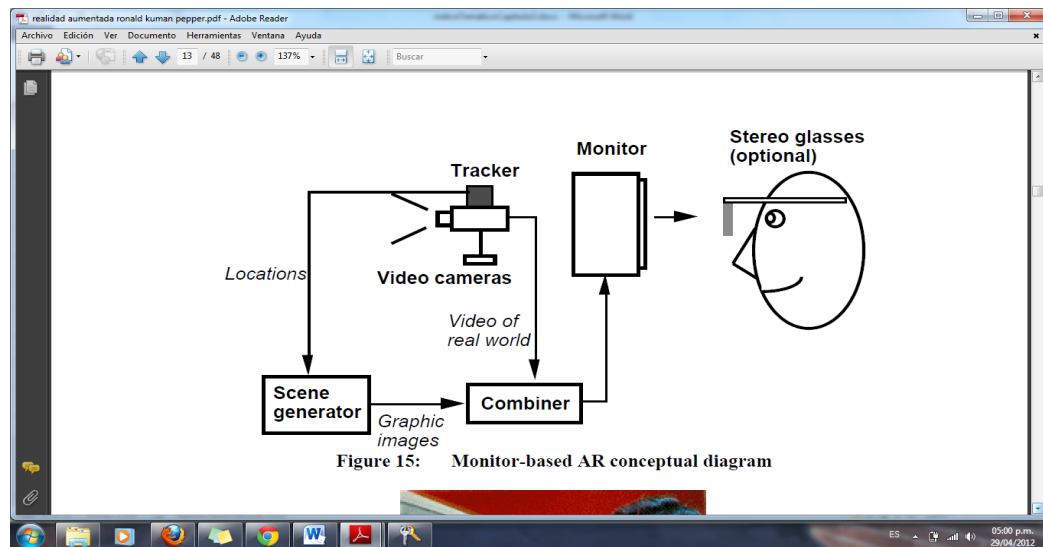


Figura 4. Diagrama conceptual. Arquitectura basada en monitores externos (Kato, Billinghurst, 1999)

En los últimos años, la RA está consiguiendo un protagonismo cada vez mayor en diversas áreas del conocimiento, mostrando la versatilidad y las posibilidades que presenta esta nueva tecnología. La capacidad de insertar objetos virtuales en el espacio real y el desarrollo de interfaces de gran sencillez la han convertido en una herramienta muy útil para presentar determinados contenidos bajo las premisas de entretenimiento y educación, como se describe en la tabla 2 (Wilson, 1996).

Muchas personas confunden la realidad virtual (RV) con la realidad aumentada (RA); sin embargo, hay varios aspectos que las diferencian, como se observa en la tabla 3. De acuerdo con la Real Academia Española, software es un conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora. La historia del software está marcada por cuatro etapas, las cuales se muestran en la tabla 4 (Bastidas, Durán, 2012):

Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

Tabla 2. Áreas de aplicación de realidad aumentada

Medicina y salud	<p>A. Formación, reciclaje profesional y experimentación</p> <p>B. Cirugía y microcirugía</p> <p>C. Psiquiatría y psicología</p> <p>D. Ayuda a la inserción social de discapacitados físicos</p> <p>E. Terapias de rehabilitación para víctimas de lesiones y prevención de lesiones repetitivas</p> <p>F. Diagnóstico</p> <p>G. Biotecnología</p>
Arquitectura, urbanismo e ingeniería civil	<p>A. Diseño de edificios y de interiores</p> <p>B. Ordenación urbanística y territorial</p> <p>C. Promoción y presentación de proyectos</p> <p>D. Estudio de impacto medioambiental</p> <p>E. Recreación de edificios y sitios interés histórico o artístico</p>
Ciencias	<p>A. Aerodinámica virtual</p> <p>B. Matemática</p> <p>C. Astrofísica</p> <p>D. Ingeniería molecular</p> <p>E. Geología y biología</p> <p>F. Meteorología</p> <p>G. Astronomía</p>
Industria	<p>A. Diseño y maquetación de productos y maquinaria</p> <p>B. Experimentación y pruebas (productos, maquinaria, procesos de fabricación, etcétera)</p> <p>C. Mantenimiento de maquinaria y de cadenas de producción</p> <p>D. Optimización de recursos (evaluación de los procesos de fabricación)</p> <p>E. Visualización de datos complejos</p>
Robótica	<p>A. Telerrobótica (o teleoperación)</p> <p>B. Ayuda para la concepción de robots</p>

Aplicaciones militares y aeroespaciales	A. Simuladores aéreos, terrestres y submarinos B. Entrenamiento en combate y prácticas de tiro C. Sistemas de control y supervisión de operaciones D. Planificación y preparación de misiones espaciales E. Entrenamiento de astronautas
Enseñanza	Escuelas
Arte (no escénico)	A. Obras de arte interactivas B. Museos virtuales
Comerciales y financieros	A. Visualización y demostración de nuevos productos (catálogos-televenta) B. Campañas de promoción y preparación de estudios de marketing C. Gestión de información financiera y administrativa
Telecomunicaciones	Televirtualidad
Industria del entretenimiento	A. Juegos y atracciones para parques temáticos y salones recreativos B. Juegos de realidad virtual para el hogar C. Cine y televisión D. Teatro virtual E. Edición multimedia F. Publicidad

Tabla 3. Diferencias entre RA y RV

Características	RA	RV
Grado de inmersión	Envuelve al usuario en el mundo real y lo complementa con lo virtual	Envuelve completamente al usuario
Percepción	Ayuda al usuario a captar la información con sus propios sentidos	Los canales perceptivos están completamente controlados por el sistema
Capacidad	Complementa la realidad	Intenta sustituir la realidad
Complementación	Información digital o soportada en papel	No aplica
Interacción	Se puede interactuar con cualquier objeto del mundo real	No se puede interactuar con objetos del mundo real

Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

Tabla 4. Historia del software

Etapas	Características
1ra etapa (1950-1965)	<p>Se trabajaba con la idea de “codificar y corregir”</p> <p>No existía un planteamiento previo</p> <p>No existía documentación de ningún tipo</p> <p>Existencia de pocos métodos formales y pocos creyentes en ellos</p> <p>Desarrollo con base en prueba y error</p>
2da etapa (1965-1972)	<p>Se busca simplificar código</p> <p>Aparición de multiprogramación y sistemas multiusuarios</p> <p>Sistemas de tiempo real apoyan la toma de decisiones</p> <p>Aparición de software como producto (casas de software)</p> <p>Inicio de la crisis del software</p> <p>Se buscan procedimientos para el desarrollo del software</p>
3ra etapa (1972-1989)	<p>Nuevo concepto: sistemas distribuidos</p> <p>Complejidad en los sistemas de información</p> <p>Aparecen: redes de área local y global y comunicadores digitales</p> <p>Amplio uso de microprocesadores</p>
4ta etapa (1989- actualidad)	<p>Estas características marcaron esta etapa</p> <p>Impacto colectivo de software</p> <p>Aparecen: redes de información, tecnologías orientadas a objetos</p> <p>Aparecen: redes neuronales, sistemas expertos y software de inteligencia artificial</p> <p>La información como valor preponderante dentro de las organizaciones</p>

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se empleó la práctica de laboratorio número tres, llamada “ tiro parabólico”, de diseño propio, incluida en el manual de prácticas del laboratorio de física para la materia Física II, en la que se indican las especificaciones y actividades a realizar. La práctica se muestra en el anexo A de este documento. Por otro lado, el diseño del recurso tecnológico “realidad

20 aumentada” estuvo a cargo de alumnos de la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Se utilizó el modelo de desarrollo de software incremental e iterativo por los beneficios que aporta. Entre ellos: escalabilidad, facilidad de mantenimiento y reutilización. En el análisis se utilizaron casos de uso para la recolección de requerimientos, de los cuales se obtuvieron los diagramas de secuencia. De ahí se creó el diagrama de clases, que se acercó mucho al código con el cual fue realizado finalmente.

A continuación se describirán los pasos a detalle que se siguieron para el desarrollo de la aplicación. Como la metodología utilizada implica que se repitan varios pasos, éstos no necesariamente siguen un orden secuencial, sino que durante todo el desarrollo se pudieron presentar uno o varios pasos en diferentes etapas. Se necesitaron los casos de uso para obtener los elementos de los requerimientos. Se tuvieron varias sesiones con el cliente (el profesor de Física II) para hacer pruebas con la práctica, obtener los requerimientos y así tener una base para el desarrollo de la aplicación. Las pruebas que se realizaron fueron algunos de los procedimientos de la práctica número tres de Física II, tales como el lanzamiento de la pelota a diferentes ángulos y velocidades iniciales. También se usó el pizarrón para aclarar ciertas ideas acerca de las fórmulas involucradas en la práctica y señalar los pasos que se llevarían a cabo con ayuda de la aplicación.

Se hicieron distintas reuniones con el profesor en el laboratorio de Física para recopilar los requisitos que sirvieron de base para el análisis, usando el equipo sugerido en la práctica. De las reuniones se obtuvieron los elementos necesarios para el análisis y que se presentan en casos de uso (ver el apéndice B). Los elementos más importantes se mencionan a continuación:

Visualización de la trayectoria: al disparar la pelota, el estudiante puede ver su trayectoria de una forma rápida, pero no tiene la gráfica que la describe para seguirla visualizando. Uno de los requisitos era que el estudiante pudiera ver la gráfica que describe la trayectoria de una pelota al ser lanzada, y el punto en el que impacta. Por medio de una simulación que usara las fórmulas para lanzamiento parabólico, como se puede ver en la figura 6, se cumpliría este requisito.

Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

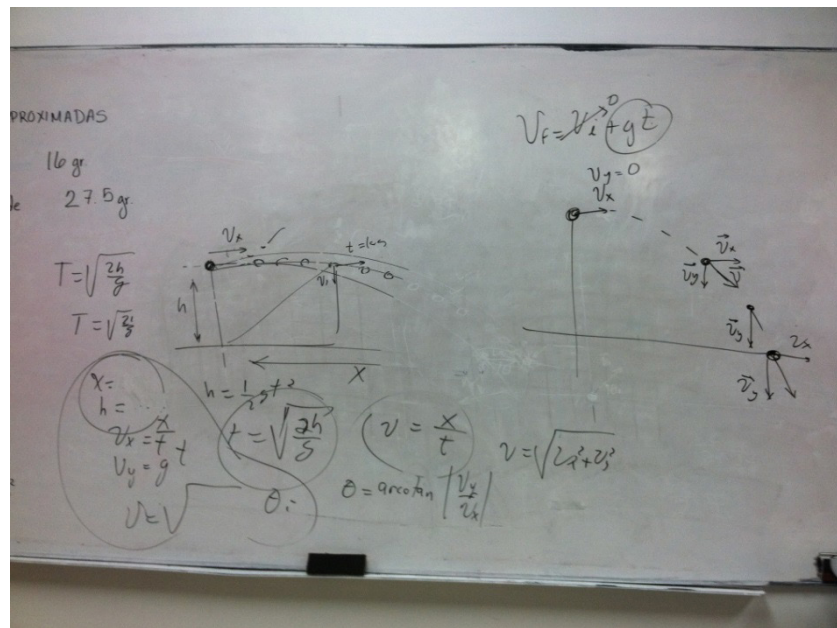


Figura 6. Fórmulas y gráficas escritas en el pizarrón por el profesor de Física II

Visualización de los vectores: debido a la complejidad para visualizar los vectores durante un lanzamiento, se requería que la aplicación tuviera una forma de mostrarlos, así el estudiante podría visualizar los vectores y sus componentes en el lanzamiento a distintos tiempos. Este requisito también haría uso de la simulación.

Interacción con la trayectoria: en la práctica, el estudiante puede interactuar con el equipo y materiales de la práctica para posicionar el lanzador, meter la pelota en el lanzador, cambiar el ángulo, cambiar la velocidad inicial e iniciar el lanzamiento. El estudiante no puede interactuar con la trayectoria, y éste era otro de los requisitos, que el estudiante pudiera de alguna forma trazar la trayectoria de la pelota teniendo una idea de las velocidades anteriormente empleadas en la práctica. Para este requisito se tuvieron dos alternativas:

1. Que el estudiante trazara manualmente la trayectoria del proyectil desde el inicio hasta el final, de manera similar a como se hace en la aplicación de dibujo mostrada en la figura 7, pero haciendo uso de etiquetas con realidad aumentada. La figura 8 muestra un ejemplo de la interacción del estudiante con la aplicación que hace uso de realidad aumentada.

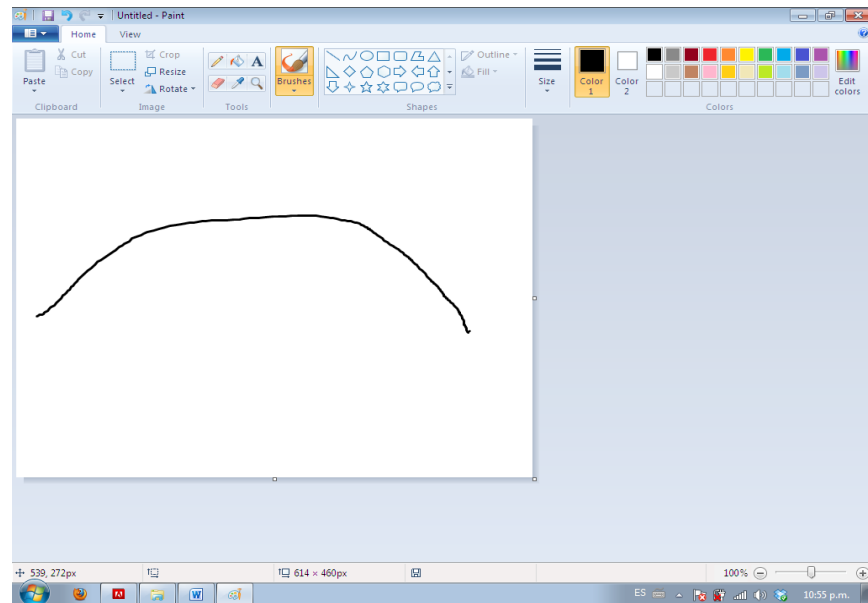


Figura 7. Trayectoria trazada en una aplicación de dibujo con la herramienta de lápiz

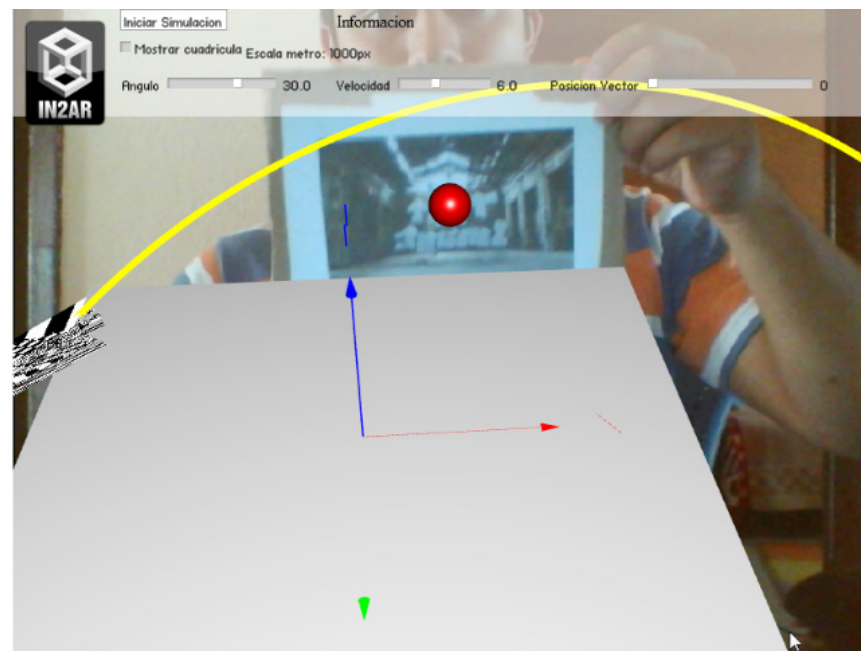


Figura 8. Trayectoria trazada con la aplicación de realidad aumentada

2. Que el estudiante señalara tres puntos en el espacio, y que se creara la trayectoria por medio de un procedimiento para obtener la fórmula de la parábola a partir de

Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

estos puntos. Un ejemplo similar es el de la herramienta cónica de la aplicación cabri , para trazar parábolas a partir de 5 puntos como se muestra en la figura 9.

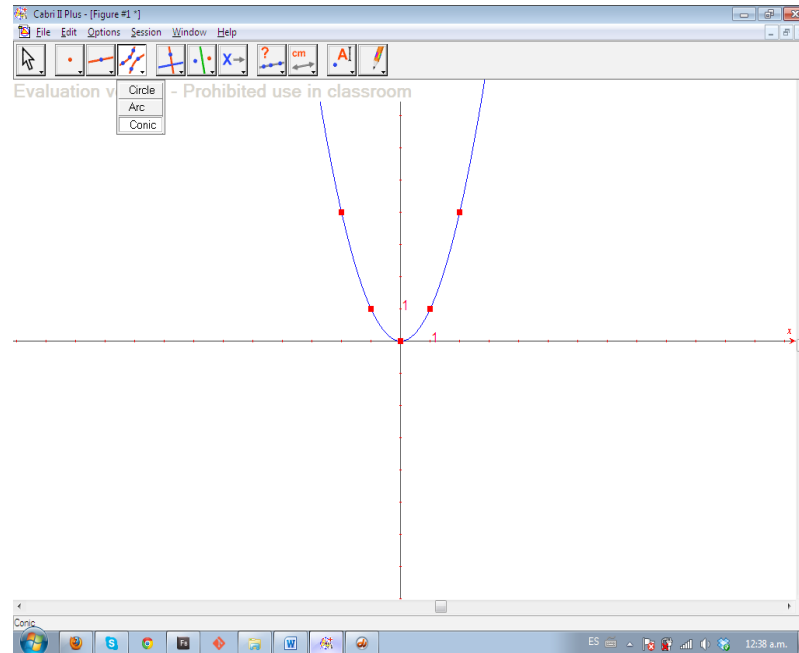


Figura 9. Parábola creada a partir de cinco puntos en la aplicación Cabri

Se optó porque se trazara la trayectoria a partir de tres puntos, dado que en pruebas anteriores se había tenido dificultad para que las etiquetas fueran reconocidas a la distancia requerida por el trazado manual de inicio a fin.

Contraste de resultados: con el equipo utilizado en la práctica no se podía obtener una medición directa del tiempo de vuelo de la pelota, así como de las magnitudes de las velocidades a tiempos distintos. Debido a esto, se compararon las cantidades medidas indirectamente con las obtenidas mediante la aplicación de realidad aumentada.

En el diseño se utilizaron diagramas UML para obtener una visualización de los elementos que contiene la aplicación, de forma que se facilitara su comprensión. Los diagramas que se crearon se muestran en el apéndice C y se basaron en el análisis desarrollado anteriormente.

A continuación se enumera cada uno de los diagramas UML que se realizaron, y se explica la importancia de cada uno de ellos para el desarrollo de la aplicación:

24 Diagrama de arquitectura: este diagrama se utilizó para manejar la complejidad de la aplicación completa incluyendo las librerías con las que interactúa, entre las cuales están `asfeat`, `away3d`, `minimalComps` e `in2ar`.

Diagrama de secuencia: este diagrama nos muestra a detalle las operaciones que se realizan dentro del sistema, una vez que el usuario inicia alguna acción, o que el sistema tiene programado para ejecutar a cierto tiempo. Además, este diagrama está más estrechamente relacionado con el diagrama de clases, ya que se obtienen algunas de las clases involucradas en el sistema. Nos podemos dar cuenta de lo que pasa en el sistema: una serie de operaciones relacionadas. Como ejemplo, al momento de lanzar la pelota, el usuario muestra la etiqueta para que el sistema muestre el lanzador, el usuario inicia simulación y el sistema actualiza los datos al terminar ésta.

Diagrama de clases: este tipo de diagrama fue clave para la realización del código, ya que ambos están directamente relacionados. Se buscó una herramienta CASE para pasar los diagramas a código Actionscript 3, pero no se encontró tal herramienta, por lo que se hizo la realización a código manualmente.

Evaluación del entendimiento y ganancia de Hake

Se diseñó un pre y un post-examen (ver apéndice D), con el fin de explorar la evolución del entendimiento conceptual por parte de los estudiantes. Las preguntas de estos exámenes se fundamentaron en los núcleos conceptuales mínimos que el estudiante debe entender para desarrollar un aprendizaje funcional. La comparación de estos resultados se basa en la ganancia del conocimiento propuesta por Hake (1998).

La ganancia G se calculó bajo el criterio de Hake (1998) que utiliza *reactivos idénticos* en la entrada y la salida con la fórmula:

$$G = \frac{\%salida - \%entrada}{100 - \%entrada}. \quad (1)$$

Aunque este modelo de ganancia ha sido utilizado en algunas investigaciones para un número de datos grandes (tamaño de población mayor a 200 estudiantes), otros investigadores han calculado ganancias para poblaciones pequeñas (desde 10 hasta 30 estudiantes) [65-68]. De aquí que decidimos utilizar G no sólo como un indicador de la efectividad de la instrucción, sino también como un sensor del aprendizaje de ambos grupos (“experimento” y “control”). Esto, a través de una ganancia normalizada que permite comparar el grado de logro de este aprendizaje con base en una estrategia

Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

4. RESULTADOS

En el laboratorio de física, el profesor de Física II puso en práctica la propuesta didáctica adaptada con base en RA. Se aplicó en dos grupos de estudiantes de Física II del IIT de la UACJ: “experimento” y “control”. El grupo experimento constaba de quince estudiantes, de los cuales únicamente ocho presentaron tanto el pre como el postexamen. El grupo control estaba formado de 18 estudiantes y todos presentaron tanto el pre como el postexamen. En este grupo no se aplicó la RA y los estudiantes estuvieron expuestos a la práctica de laboratorio de forma tradicional. Esto se refiere al seguimiento de instrucciones ya diseñadas y controladas en la mayoría de sus etapas. De los resultados que se obtuvieron en ambos grupos se calcula la ganancia de acuerdo con la fórmula de Hake (Flores, Kanim, Kautz, 2004) donde el grupo experimento consiguió una ganancia de 0.55 y el grupo control obtuvo 0.44, como se puede observar en las tablas 5 y 6.

Tabla 5. Resultados de exámenes del grupo experimento

Alumno	Pre-examen	Post-examen
1	3	6
2	4	5
3	4	6
4	1	9
5	5	5
6	2	9
7	3	9
8	9	9
Promedio	3.88	7.25
Ganancia	0.55	

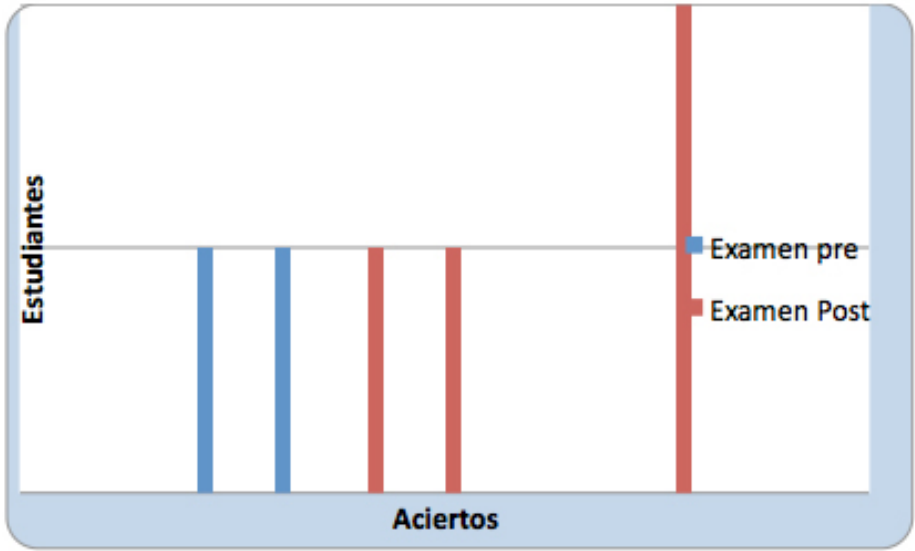
Tabla 6. Resultados de exámenes del grupo control

Alumno	Pre-examen	Post-examen
1	2	3
2	4	4
3	3	3
4	4	6
5	2	5

6	2	5
7	4	9
8	10	10
9	5	6
10	3	7
	7	
11	3	5
12	5	9
13	4	8
14	3	9
15	5	9
16	4	5
17	5	6
18	0	4
Promedio	4.00	6.65
Ganancia	0.44	

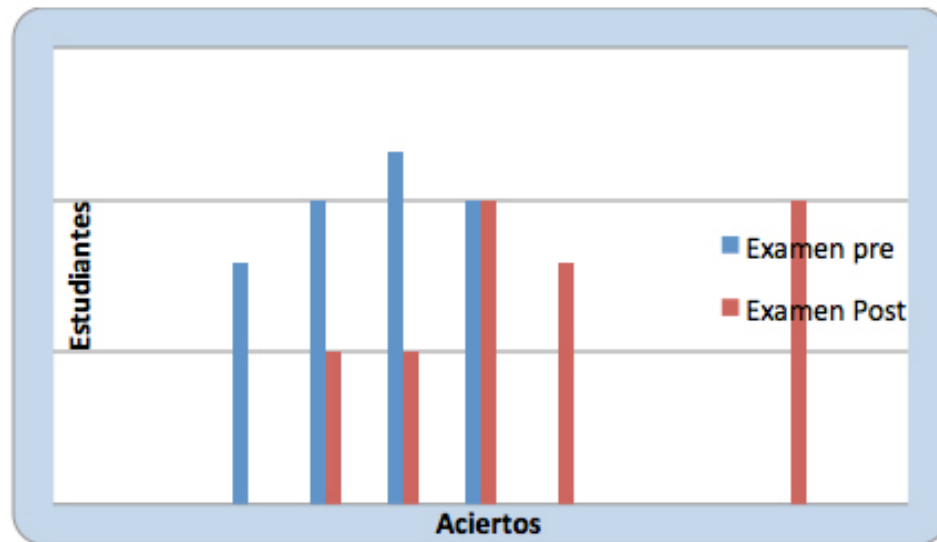
En las figuras 10 y 11 se ve el cambio que se obtuvo al aplicar el examen en los grupos experimento y control. Se puede apreciar que en el grupo experimento se obtuvo una mejora mayor que en el grupo control, y también se refleja en el valor calculado con base en la fórmula de Hake.

Figura 10. Pre y post-examen del grupo experimento



Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

Figura 11. Pre y post-examen del grupo control



Se aplicó una encuesta a los integrantes del grupo experimento, para que evaluaran la facilidad de uso de la aplicación (ver el apéndice E). En la tabla 7 se presenta la distribución de las variables medidas por categoría. En la primera categoría de distribución de aprendizaje con el software hay un número mayor de estudiantes que piensan que la aplicación del software es buena, en segundo lugar lo consideran muy bueno y en tercer lugar piensan que es excelente. Se observa que en el diseño de pantalla señalan el 63% como bueno, mientras el 25% y 12% opinan que es muy bueno y regular, respectivamente. En la categoría de diseño de ventana se indicó con un mayor porcentaje el rango de bueno (62%), en segundo plano se tiene que es regular (25%) y por último muy bueno (13%). En el diseño de botones, 50% de los estudiantes eligieron la opción “bueno”, el 25% “muy bueno” y, por último, el 13% optaron por “excelente”. En el uso de marcadores, los resultados fueron “bueno” 62%, “muy bueno” 25%, mientras que “excelente” alcanzó un 13%. El contenido de marcadores muestra un índice muy alto con un 75% “bueno”, y tan sólo el 25% fue “muy bueno”. Por último, los estudiantes determinaron que la información que se encuentra en los marcadores merece un porcentaje de 62% (bueno), 25% (muy bueno) y 13% (excelente).

Tabla 7. Rúbrica de evaluación de software

	Malo		Regular		Bueno		Muy bueno		Excelente	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Aprendizaje con el software	0	0	0	0	4	50	3	37	1	13
Diseño de pantalla	0	0	1	12	5	63	2	25	0	0
Diseño de ventana	0	0	2	25	5	62	1	13	0	0
Diseño de botones	0	0	1	12	4	50	2	25	1	13
Uso de marcadores	0	0	0	0	5	62	2	25	1	13
Contenido de marcadores	0	0	0	0	6	75	2	25	0	0
Información de los marcadores	0	0	0	0	5	62	2	25	1	13

5. CONCLUSIONES

Se implementó una aplicación para la enseñanza basada en realidad aumentada. Se resolvió la práctica número 3 “tiro parabólico” con la ayuda del software. Se aplicaron a un grupo experimento y a otro grupo control exámenes idénticos, antes y después de la práctica, siendo los resultados satisfactorios, puesto que el grupo A, donde se aplicó el software, obtuvo una mejora en su nivel de aprendizaje, mientras que el grupo B presentó un avance pero no tan notable como lo fue con el primer grupo.

Se inició con una población total de treinta de estudiantes al inicio de la aplicación del software y por cuestiones de asistencia se terminó con un total de 25, población total que se manejó en este proyecto. Se observó gran interés por parte de los estudiantes al momento de la aplicación con realidad aumentada en el laboratorio de física. Se concluye que el objetivo del proyecto, “aplicación web para la enseñanza basada en realidad aumentada”, fue alcanzado, ya que la aplicación fue revisada y validada por los usuarios.

RECOMENDACIONES FUTURAS

Es necesario realizar algunas mejoras al software para que resulte aún más atractivo para los estudiantes. Se puede considerar el uso de cámaras con más resolución para que las etiquetas puedan ser de un tamaño menor, y tratar de que la posición de éstas sea más adecuada. Otra alternativa es el uso de lentes con cámara incluida. De esta forma sería mucho más fácil y el usuario básicamente no tendría límites de espacio, poniendo etiquetas que identifiquen la posición del centro del sistema y así poder trazar una trayectoria manualmente de una forma más fácil.

Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

6. REFERENCIAS

29

- Griner, David (1 de marzo, 2011). *Más allá de los juegos*. Merca 2.0.
- García Ruiz, M.A. (1998): “Panorama general de las aplicaciones de la realidad virtual en la educación”. <http://www.cogs.susx.ac.uk/users/miguelga/espaniol.htm>
- Kato, H. y Billinghurst, M. (octubre, 1999). “Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system”. En *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality*.
- H. Kato, I. Poupyrev M. Billinghurst (2001). “The magic book—moving seamlessly between reality and virtuality”. *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 21, no. 3, 1-4.
- Wind, J., Giuliano, A., Bogen, M. (2006). “ARiSE—Augmented reality in school environments”. *Computer Science*, vol. 4227, 709-714.
- Kaufmann, H. (2003). “Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality”. *Computers & Graphics*, vol. 27, 339-345.
- Massachusetts Institute of Technology (mit) y Harvard (2011). Aplicaciones de realidad aumentada en formato de juegos 98, 87-90.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsimui, A., y Kishino, F. (1994). “Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum”. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, vol. 2351, no. 282.
- Mourkoussis, N., White, Darcy, M. J., Sifniotis, M. P., Petridis, Basu, A., Lister, P. l. F. y Liarokapis, F. (2004). “Web3D and augmented reality to support engineering education”. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, vol. 3, no. 1, 11-14.
- Hake, R. (1998). “Interactive-engagement vs. traditional methods: a six-thousand student survey of mechanics test data introductory physics courses”. *Am J. Phys.*, 66, 64-74.
- Azuma, Ronald T. (agosto, 1997). “A survey of augmented reality”. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6, 4, 355-385. Hughes Research Laboratories [en línea]: <http://ronaldazuma.com/papers/ARpresence.pdf>
- Flores, S., Kanim, S. y Kautz, H. (2004). “Students use of vectors in introductory mechanics”, *Am. J. Phys.*, 72 (4), 460-468.
- Ribbota, S. L., Pesseti, M. I. y Pereyra, S. N. (2009). “Las tecnologías de la informa-

ción y comunicación (TICs) aplicadas a la comprensión de gráficas en cinemática”. Formación Universitaria, 2 (5), 23-30.

Caudell, T. P., Mizell, D. W. y Janin, A. L. (1993). “Calibration of head-mounted displays for augmented reality applications”. Virtual Reality Annual International Symposium. 1993 IEEE, 246-255. [en línea]: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=380772>

Coletta, V. P. y Phillips, J. A. (2005). “Interpreting fci scores: normalized gain, pre-instruction scores, and scientific reasoning ability”. Am. J. Phys. 73 (12), 1172-1182.

Wilson, J., D’Cruz, M., Cobb, S. y Eastgate, R. (1996): Virtual reality for industrial applications. Opportunities and limitations. Nottingham University Press, Nottingham.

Práctica No. 3 de Física II. Tiro parabólico

I. Introducción

El tiro parabólico es realmente un movimiento de caída libre. Esto se refiere a que la única fuerza que actúa sobre el objeto en movimiento es su propio peso debido a la fuerza de gravedad en la corteza terrestre. Esto se basa en la suposición de que la fuerza de fricción sobre el objeto debido al aire es tan pequeña que se pueden despreciar sus efectos.

El objeto debe comenzar su movimiento con un ángulo de disparo con respecto a la horizontal. Este ángulo puede variar desde 0° hasta 90° . Cuando este ángulo es igual a 0° , el movimiento se reconoce como tiro horizontal. Pero si este ángulo es igual a 90° , el movimiento se refiere a un tiro vertical.

En cualquier tipo de movimiento de caída libre, el objeto se mueve con una aceleración constante igual al valor de la aceleración de la gravedad en la superficie terrestre $g = 9.81 \text{ m/seg}^2$. Debido a que la aceleración tiene dirección vertical, la componente horizontal de la velocidad del objeto es constante durante el movimiento.

La manera de analizar este tipo de movimiento es descomponiendo su vector velocidad sobre las direcciones vertical y horizontal. Este vector velocidad siempre es tangente a la trayectoria, la cual corresponde a una línea parabólica.

II. Objetivos

1. Generar un movimiento de tiro parabólico para observar sus propiedades.
2. Analizar este tipo de movimiento para comprobar sus parámetros de manera numérica.
3. Hacer predicciones con base en la variación de los parámetros del movimiento.

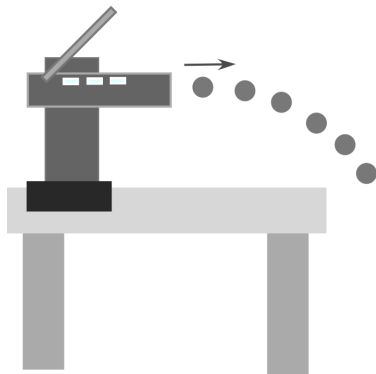
III. Material y equipo

Un disparador

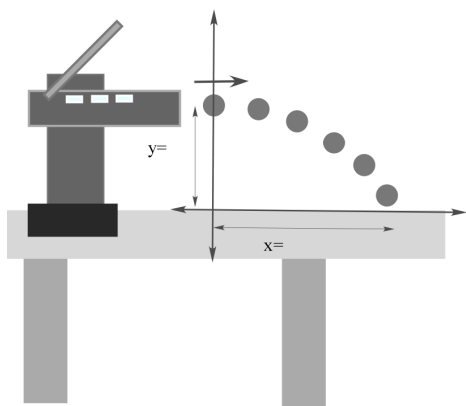
Papel carbón

Pelota de prueba

La figura de la derecha muestra un esquema del disparador que utilizarás durante esta práctica. Puedes disparar la pelota a tres diferentes velocidades iniciales. Llamaremos a estas velocidades v_1 (short range), v_2 (medium range) y v_3 (long range). Asegúrate de que al momento del disparo la pelota se encuentre dentro del cilindro conectado al resorte dentro del túnel del disparador. Además, para el tiro horizontal, el ángulo de disparo debe ser un poco mayor a 0° , con la intención de mantener la pelota en el cilindro al momento del disparo.



1. Con el ángulo de disparo a 0° , y con la posición de velocidad inicial v_1 , lanza la pelota y mide la distancia horizontal recorrida y la altura correspondiente de esta trayectoria. Utiliza el papel calcante para marcar el punto donde la pelota impacta la mesa. Anota estos valores en la gráfica mostrada abajo.



Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

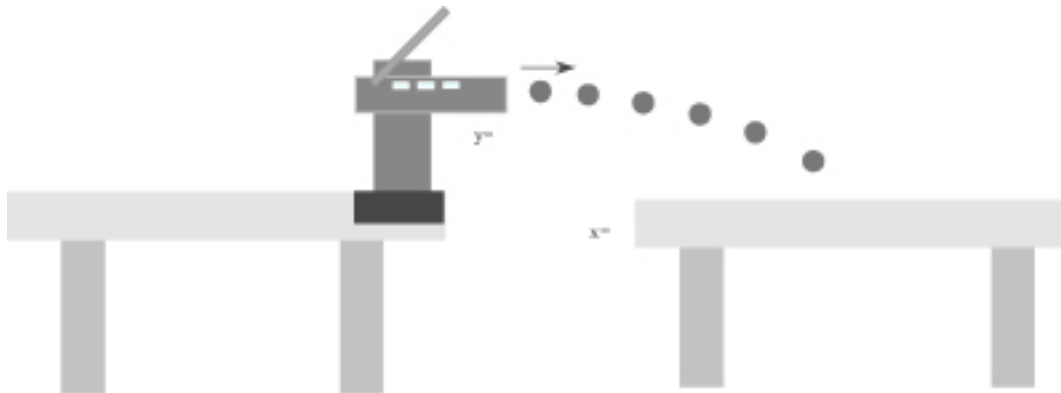
2. Contesta:

- ¿Cuál es la posición vertical inicial de la pelota?
- ¿Cuál es la posición horizontal de la pelota cuando impacta la mesa?
- ¿Cuál es el tiempo que tarda la pelota en llegar a la mesa? Muestra tu trabajo.
- ¿Cuál es la magnitud del desplazamiento de la pelota desde la posición inicial hasta tocar la mesa? Muestra tu trabajo.
- Calcula la rapidez inicial de la pelota.

3. Ahora, dispara la pelota con la posición de velocidad inicial v_2 .

Posiblemente la pelota no toque la mesa. Coloca el disparador en el otro extremo de la mesa. Contesta:

- ¿Esperas que el tiempo que tarda la pelota en tocar la mesa sea *mayor que*, *menor que* o *igual a* el tiempo que tardó con la velocidad v_1 ? Explica.

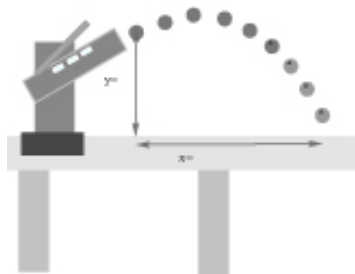


- Calcula este tiempo y verifica tu predicción anterior.
- ¿Crees que la razón de las distancias $\frac{x_2}{x_1}$ sea *igual a* la razón de las velocidades $\frac{v_2}{v_1}$? Explica.
- Calcula la rapidez v_2 y verifica tu predicción anterior.

V. Tiro parabólico

Ahora el ángulo de disparo debe ser mayor de 0° , con el fin de obtener una posición vertical durante el movimiento de la pelota.

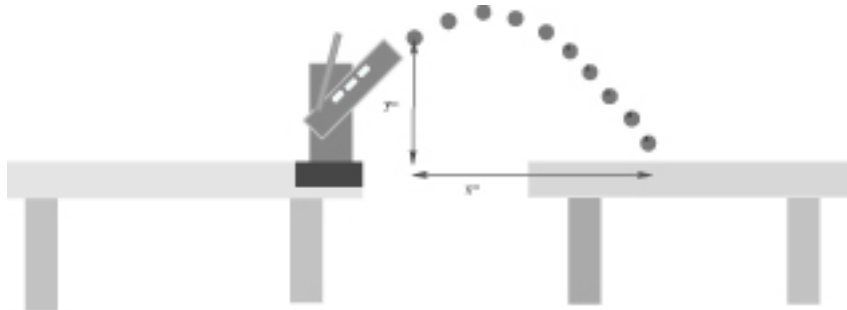
1. Con un ángulo de disparo de 30° , activa el disparador y mide las coordenadas de posición vertical y horizontal de la pelota cuando golpea la mesa. La figura muestra estas dos dimensiones. Anótalas y contesta:



a. ¿Cuál es el tiempo que la pelota toma para impactar la mesa? Muestra tu trabajo.

b. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad inicial v_1 ? Muestra tu trabajo y compara este valor con el que calculaste en la sección IV.1. Esperas que estos valores sean los mismos? Si no son los mismos, pide ayuda a tu instructor.

2. Con el mismo ángulo de disparo de 30° y con una posición de velocidad inicial v_2 , dispara la pelota. Mide la posición horizontal de la pelota donde impacta la mesa.



a. ¿Cuál es el tiempo que la pelota toma para impactar la mesa? Muestra tu trabajo

b. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad inicial v_2 ? Muestra tu trabajo y compara este valor con el que calculaste en la sección IV.2. ¿Esperas que estos valores sean los mismos? Si no son los mismos, pide ayuda a tu instructor.

3. Si disparas ahora la pelota con un ángulo de 60° y una posición de velocidad inicial v_2 , ¿esperas que la posición horizontal de la pelota cuando cruce el plano de la mesa sea *mayor que*, *menor que* o *igual a* la posición horizontal de la pelota cuando cruzó el plano de la mesa en la sección V.2?

Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

Anexo B. Casos de uso y diagramas

En este apéndice se muestran los casos de uso y diagramas creados durante el desarrollo de la aplicación

Caso de uso CU1: Medir distancia

Escenario principal de éxito:

Estudiante	Sistema
1. Muestra etiqueta para medir distancia	2. Muestra gráfico sobre la etiqueta
3. Posiciona etiqueta en el primer punto para medir un metro y la gira 90 grados	4. Almacena posición del primer punto y cambia el gráfico de color
5. Posiciona etiqueta en el segundo punto para a una distancia aproximada de un metro y la gira 90 grados	6. Almacena la posición del segundo punto, pasa la distancia real a píxeles, muestra la cantidad y cambia el gráfico de color

Precondiciones: tener los marcadores necesarios, tener abierta la aplicación.

Caso de uso CU2: CU Lanzar pelota

Escenario principal de éxito:

Estudiante	Sistema
1. Muestra el marcador base	2. Muestra gráfico del lanzador sobre un plano que representa la mesa
3. Cambia el ángulo del lanzador	4. Almacena el ángulo y muestra al usuario la rotación sobre el gráfico
5. Cambia la velocidad de disparo de la pelota	6. Almacena la velocidad y muestra al usuario la velocidad
7. Inicia la simulación	8. Realiza la simulación con los datos proporcionados en los pasos 3 y 5, mueve la pelota, dibuja la trayectoria, muestra el punto de impacto, la distancia y el tiempo de finalización (10 veces menos rápido)

Precondiciones: Tener los marcadores necesarios, tener abierta la aplicación.

Caso de uso CU3: CU Trazar trayectoria manualmente

Escenario principal de éxito:

Estudiante	Sistema
1. Muestra el marcador base	2. Muestra gráfico del lanzador sobre un plano que representa la mesa
3. Cambia el ángulo del lanzador	4. Almacena el ángulo y muestra al usuario la rotación sobre el gráfico

5. Cambia la velocidad de disparo de la pelota	6. Almacena la velocidad y muestra al usuario la velocidad
7. Muestra marcador para trazo manual de trayectoria	8. Almacena la posición del lanzador como el primer punto de la parábola y muestra gráfico sobre el marcador
9. Posiciona el marcador en el segundo punto para definir la parábola y lo gira 90 grados	10. Almacena la segunda posición y actualiza parábola según el usuario va moviendo el marcador para definir el tercer punto
12. Posiciona el marcador en el tercer punto para terminar de definir la parábola y lo gira 90 grados	11. Almacena la tercera posición y actualiza la parábola

Precondiciones: Tener los marcadores necesarios, tener abierta la aplicación.

Caso de uso CU4: CU Comparar resultados

Escenario principal de éxito:

Estudiante	Sistema
1. Muestra el marcador base	2. Muestra gráfico del lanzador sobre un plano que representa la mesa
3.- Muestra el marcador “resultados”	4. Muestra el gráfico obtenido en los casos de uso 2 y 3

Precondiciones: Haber realizado los casos de uso 2 y 3.

Diagrama de secuencia DS1: Medir distancia

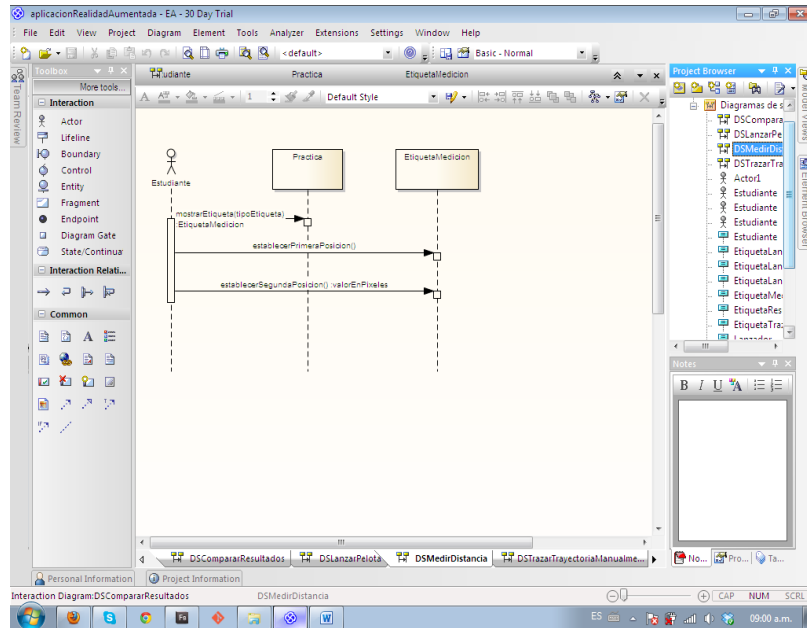
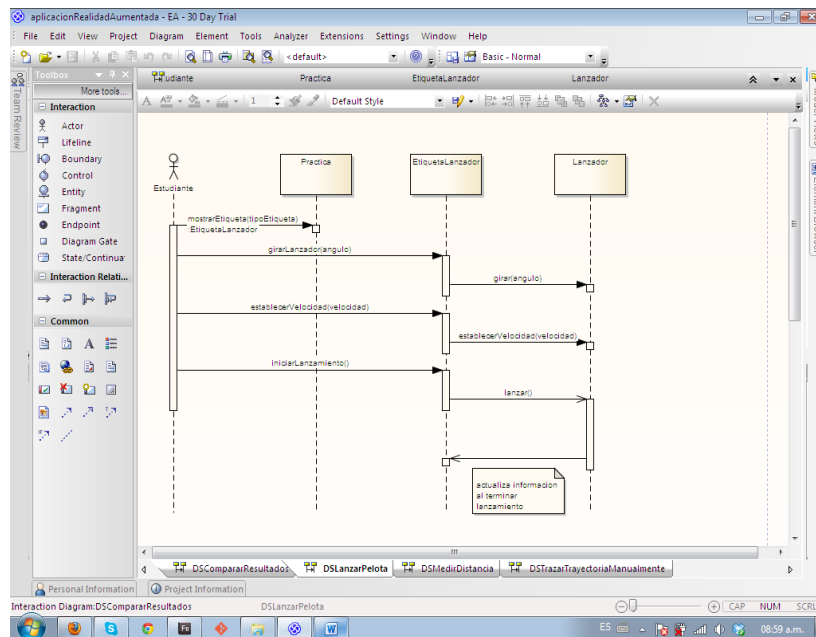
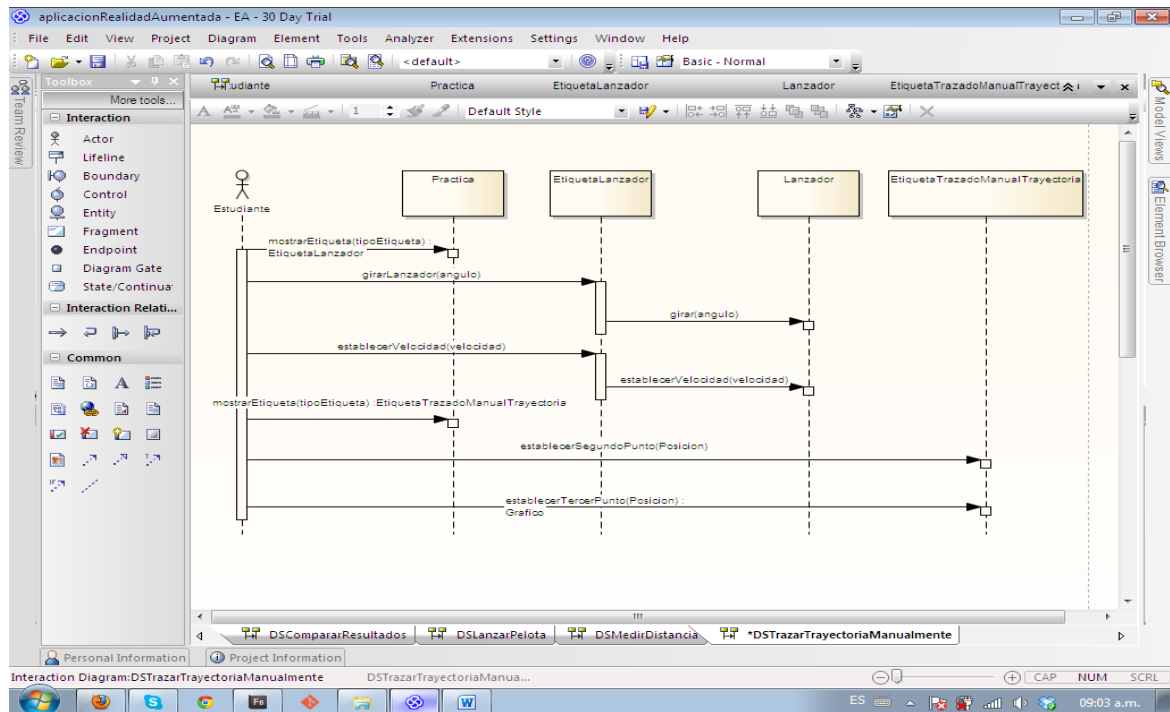


Diagrama de secuencia DS2: Lanzar pelota



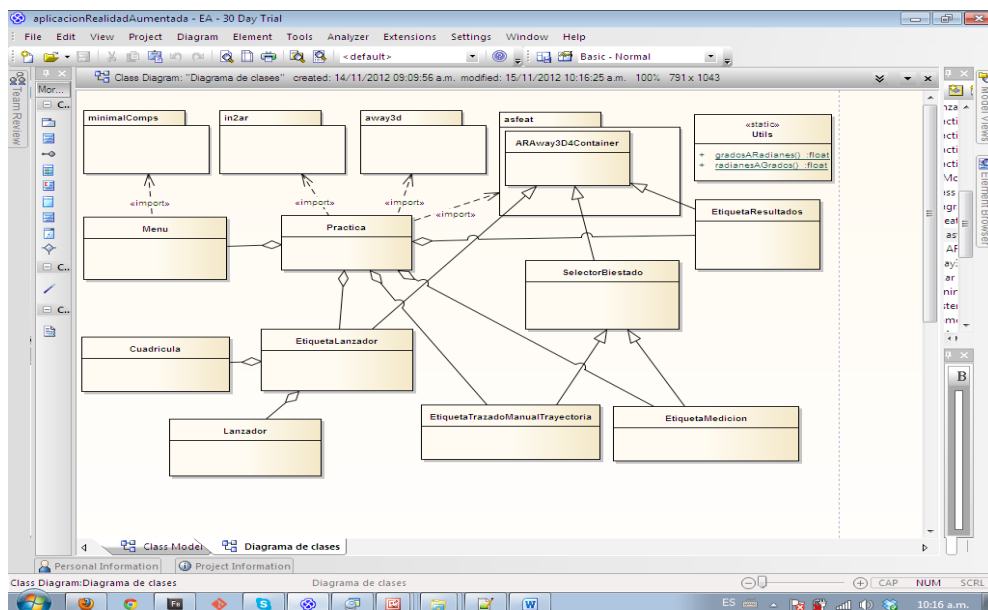


Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

Diagrama de secuencia DS4: Comparar resultados

39

Diagrama de clases

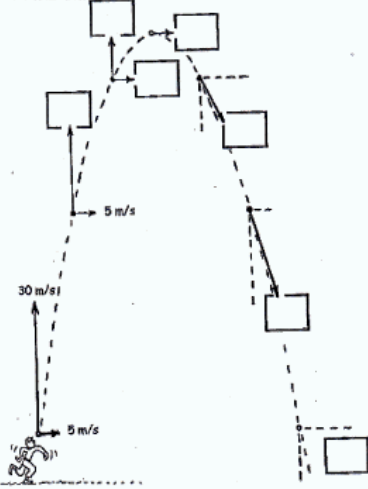


ANEXO C. PRE Y POST-EXÁMENES

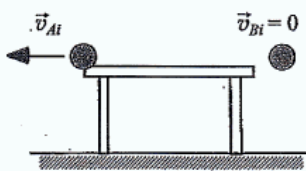
En este apéndice se muestran los exámenes que se aplicaron a los grupos experimento y control.

Práctica de Tiro Parabólico Post-examen Física II Nombre= _____

1.- Una pelota arrojada hacia arriba tiene componentes iniciales de velocidad de 30 m/seg vertical y 5 m/sec horizontal. La posición de la pelota se muestra a intervalos de 1 seg. La resistencia del aire es despreciable y $g=10 \text{ m/seg}^2$. Escribe los valores de velocidad correspondientes a los cuadros en blanco, las componentes cuando asciende y las resultantes cuando desciende.



2.- Dos bolas idénticas se arrojan al mismo instante como se muestra en la figura de la derecha. La bola A se lanza horizontalmente y la bola B se suelta desde el reposo.

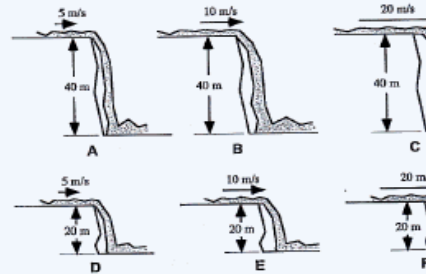


Cuál de los siguiente enunciados es correcto?

- La bola A llega primero al piso.
- La bola B llega primero al piso
- Las dos bolas llegan al mismo tiempo al piso
- Ninguno de los enunciados anteriores es verdad.

Realidad aumentada: diseño e implementación de una herramienta de corte constructivista para el aprendizaje de conceptos de física

3.- La figura de la derecha o muestra 6 casos donde el cae agua desde diferentes alturas. Cuál es la opción que muestra el orden correcto de mayor a menor acerca del tiempo que tarda el agua en llegar a la parte de abajo?

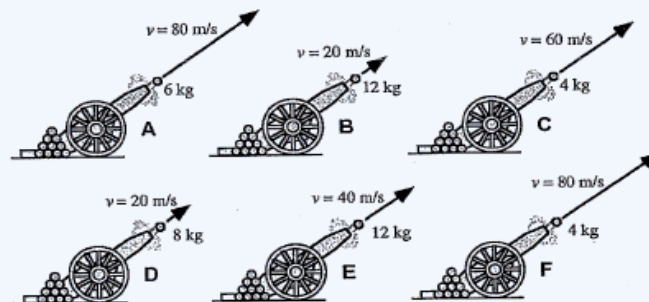


- a) $A > B > C > D > E > F$
- b) $A > B = C > D = E > F$
- c) $A = B = C > D = E = F$
- d) $A = B = C = D = E = F$

4.- Los proyectiles mostrados abajo se disparan con el mismo ángulo inicial. Algunos de ellos tienen la misma rapidez inicial pero masa diferente.

Cuál de los siguiente enunciados es correcto?

- a) La aceleración del proyectil F es la mayor de todas porque tiene menos masa y se dispara con mas rapidez inicial que el proyectil C.
- b) La aceleración del proyectil B es la menor de todas porque tiene mas masa que D aunque ambos se disparan con la misma rapidez inicial.
- c) La aceleración de los proyectiles B y E es la mayor de todas porque tienen la mayor masa de todos los proyectiles.
- d) Todos los proyectiles tienen la misma aceleración.



UACJ