



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

MULTIMEDIA EDUCATIVA CON REALIDAD AUMENTADA APLICADA A FÍSICA MECÁNICA

Eliana Prada Domínguez, Álvaro Uribe Quevedo

Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia

Resumen

La realidad aumentada ha venido posicionándose como material complementario en distintos procesos de aprendizaje permitiendo una mayor inmersión e interacción con diversos contenidos en áreas del conocimiento como la medicina, astronomía, geografía y física entre otras. La fácil consecución de hardware y software tanto para desarrollo como para uso como resultado de investigación realizada en el área del procesamiento de imágenes ha permitido la masificación de esta tecnología. En el caso de la física mecánica, los laboratorios son un complemento primordial en el aprendizaje y consolidación de los conceptos y teorías dentro del ciclo básico de formación en ingeniería. Durante las prácticas se presentan algunas dificultades que en la actualidad pueden abordarse utilizando tecnologías de la información y las comunicaciones como herramientas complementarias del proceso de aprendizaje como lo son unos conocimientos teóricos deficientes, disponibilidad de recursos, horarios de prácticas libres o temor de dañar los equipos. Estos escenarios pueden abordarse a través de la realidad aumentada desarrollando herramientas que permitan un acceso interactivo a las prácticas apoyado en la inmersión a través de objetos 3D generados por computador como recurso disponible para estudio y dominio de teorías. El acceso al conocimiento y prácticas con realidad aumentada se independiza de las restricciones de espacio o equipos especializados permitiendo la elaboración de actividades complementarias en cualquier momento siguiendo las guías establecidas para las prácticas. Debido a las ventajas que presenta la realidad aumentada, este proyecto propone una herramienta complementaria para prácticas de física mecánica relacionadas con rozamiento, tiro parabólico y conservación de la energía utilizando esta tecnología, como medio interactivo que permita la visualización de datos y fenómenos en un ambiente virtual.

Palabras clave: física mecánica; métodos educativos; realidad aumentada

Abstract

Augmented reality has been positioning as a complementary tool in several learning environments allowing greater immersion and interaction with diverse areas of knowledge such as geography, medicine and

physics among others. Mechanics physics laboratory practices are a primordial complement within the engineering formation process; however students meet some challenges that can be overcome with the help of current technological trends. In this context, the use of digital learning tools such as multimedia, e-learning, virtual reality and augmented reality, present alternatives for overcoming the challenges and improving the experience during practices. Some challenges associated during laboratory practices are found in poor theoretical concepts, resources availability, open practices or fear of damaging the equipment, these difficulties can be addressed using augmented reality as it offers a complementary approach offering theory and practice information. Augmented reality offers interactive and immersive access to the information, which becomes independent of any specialized equipment or laboratory allowing the practice to take place in any moment. This project proposes a complementary tool for mechanical physics laboratory practice related to parabolic motion, energy conservation and friction

Keywords: *mechanical physics; learning methods; augmented reality*

1. Introducción

La integración tecnológica en la vida diaria de las personas que se viene presentando en la actualidad a causa de la miniaturización de componentes electromecánicos y de su adquisición a bajo costo, está cambiando la forma como se realizan actividades en diversos campos como el entretenimiento, la educación y el entrenamiento entre otros. En el campo de la educación las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) están permitiendo desarrollar y utilizar hardware y software como herramientas complementarias a los procesos de aprendizaje. Una TIC que se está utilizando en la actualidad gracias a avances en el procesamiento de imágenes es la Realidad Aumentada (RA) [1], donde la combinación de objetos tridimensionales (3D) generados por computador con un ambiente real capturado por una cámara permiten aumentarlo a través de interacciones, inmersión y enriquecimiento a través de información digital superpuesta [2]. La RA es una herramienta que se está integrando con una gran facilidad en la educación y su incursión en las aulas aumenta cada vez más [3]. Países como Estados Unidos, están creando proyectos gubernamentales en colaboración con sus principales universidades (Harvard, MIT y la universidad de Wisconsin) para la realización de aplicaciones de realidad aumentada para sus estudiantes de secundaria el proyecto H.A.R.P (*handheldaugmentedreality*)[4], es uno de los tantos ejemplos que muestra en qué dirección la educación se está moviendo, en todos los rincones del mundo Malasia (*live solar system*) [5], Reino Unido (*arlearning*)[6], Tailandia (*seedshootinggame*)[7], entre otros. En la actualidad se encuentran aplicativos disponibles en las tiendas de dispositivos móviles como el *AppStore* de Apple [8] y *GooglePlay* de Google [9], algunos ejemplos son: *wikitude* [10], *augmented* [11], entre otros.

Vale la pena destacar que la implementación y éxito de una aplicación de RA debe cumplir con requerimientos en el espacio de trabajo como la luminosidad, sobreexposición, resolución de la cámara, calidad de los marcadores, línea de visión directa entre la cámara y el marcador.

En la actualidad Colombia goza de un ambiente propicio para el desarrollo e implementación de herramientas tecnológicas para apoyo en la educación, según el DANE a través de la gran encuesta integrada de hogares de 2011 [12], 12.535.231 personas (29.82% de la población) poseen un equipo de cómputo en casa, mientras que un 89.39% poseen un teléfono celular y un 23.35% conexión a internet. Estas cifras han aumentado en relación con la encuesta realizada en 2009, evidenciando una tendencia a la apropiación de tecnologías de la información por parte del colombiano[1]. Adicionalmente, los planes

gubernamentales de tecnologías y educación señalan a la realidad aumentada como una tecnología emergente con una alta prioridad de adopción en el país[13].

Los jóvenes en la actualidad tienen acceso a demasiadas fuentes de información lo que resulta en dificultades de aprendizaje debido a la atención que los múltiples distractores digitales demandan como el correo electrónico, redes sociales, videos y demás [14], es por esto que los métodos tradicionales de estudio no están satisfaciendo de manera completa la experiencia educativa que ellos buscan, haciendo que la apropiación de los conceptos presente dificultades [15]. El apoyo en recursos multimedia educativos es una herramienta que los estudiantes de hoy buscan como alternativas para complementar fuera de las aulas de clase y laboratorios el aprendizaje de varios temas académicos. Esta tendencia es también seguida por muchos profesores, quienes realizan, compran e integran estos elementos para mejorar el proceso de aprendizaje que incluso conlleva a la generación de nuevas herramientas y estrategias para potenciar la experiencia educativa [5].

La asignatura seleccionada para este proyecto es la Física Mecánica en sus temáticas de tiro parabólico, fuerza de fricción y conservación de energía ya que esta es una de las áreas que más se aplica en la vida real y con la cual interactuamos sin percibir (caminar, esquivar objetos, arrojar basura, desplazarse en un vehículo, simulaciones, diseño y realización de motores, sistemas eléctricos). Durante las prácticas de laboratorio se presentan algunas dificultades que en la actualidad pueden abordarse utilizando tecnologías de la información y las comunicaciones como herramientas complementarias del proceso de aprendizaje como lo son unos conocimientos teóricos deficientes, disponibilidad de recursos, horarios de prácticas libres o temor de dañar los equipos.

Partiendo de los retos de aprendizaje que establece la asignatura, en este trabajo se propone el desarrollo de un prototipo de aplicación multimedia utilizando RA cuyo principal objetivo es apoyar el proceso de aprendizaje en el área de física mecánica en los temas de tiro parabólico, conservación de energía y rozamiento. Algunos avances en el área presentan un trabajo bastante destacado como el *PhysicsPlayground*, un laboratorio completo de experimentación física que permite el aprendizaje de la materia de manera totalmente virtual [16]. La integración que la realidad aumentada hace entre el mundo real y diversos elementos virtuales ha logrado ampliar el interés por esta tecnología a una gran cantidad de áreas, esto ha llevado a realizar estudios sobre su funcionalidad tanto en las universidades como en los colegios, gracias a estos se han encontrado diversas ventajas en experimentos científicos como el ahorro de equipos que podrían resultar costoso y el aprendizaje personalizado [3]. En China se estudió la importancia y la eficiencia de la realidad aumentada en la educación experimental y se concluyó que para lograr completar una experiencia satisfactoria es necesario que se cumpla a cabalidad con tres aspectos: principios físicos, flexibilidad e interactividad [17].

El uso de la RA tiene por objetivo complementar los métodos de aprendizaje tradicionales a través de interactividad, portabilidad, seguridad para los usuarios y equipos, libertad de exploración y análisis de la información. Este proyecto propone una herramienta complementaria para prácticas de física mecánica relacionadas con rozamiento, tiro parabólico y conservación de la energía utilizando RA, donde esta ofrece una alternativa a los problemas de tiempo en laboratorio y disponibilidad de horarios, ya que la herramienta y los experimentos pueden ser ejecutados sin necesidad de contar con equipo especializado de laboratorio que requiere de un ambiente controlado y supervisado por un laboratorista. La RA permite portabilidad, accesibilidad (uso del aplicativo en cualquier momento) y flexibilidad (exploración y experimentación modificando los datos característicos de cada fenómeno) a las prácticas y conceptos relacionados a través

de ejercicios, y experimentación de forma interactiva con una realimentación visual compuesta de gráficos de movimientos de los fenómenos, tablas de datos y visualización del fenómeno en 3D.

El presente trabajo se encuentra organizado de la siguiente forma: En la Sección 2 se analizan los fenómenos físicos a implementar; en la Sección 3 se presenta el desarrollo del aplicativo; en la Sección 4 se presentan los resultados; finalmente, en la Sección 5 se realiza la discusión y propuesta de trabajos futuros.

2. Caracterización de los Fenómenos Físicos

Como parte fundamental para el desarrollo del aplicativo, se toman tres fenómenos físicos de gran importancia en el contenido curricular de la Física Mecánica, estos fueron seleccionados con base en las necesidades manifestadas por el docente asesor de esta área para el desarrollo del proyecto, abarcando problemas de tiempo, espacio, materiales y falta de precisión. Los tres fenómenos son el tiro parabólico, la fricción y la conservación de la energía. Como primer paso se analiza cada fenómeno para identificar las entradas y salidas determinando las ecuaciones características de cada comportamiento.

El primer fenómeno que se analiza es el movimiento parabólico el cual se caracteriza por mantener una velocidad constante en la dirección horizontal y un movimiento de caída libre en la dirección vertical. La velocidad de cada componente depende del ángulo de disparo y la velocidad general del movimiento, que a su vez define un alcance máximo horizontal y vertical. Según la ecuaciones que rigen este fenómeno se definen como entradas la velocidad inicial v de la cual se descomponen componentes verticales y horizontales, la gravedad y el ángulo de tiro α , así mismo se definen las siguientes salidas: velocidad en x y velocidad en y , tiempo de subida, tiempo de vuelo, desplazamiento en x y desplazamiento en y [18].

El segundo fenómeno que se analiza es la fuerza de fricción que se define como aquella que se opone a la dirección del movimiento, cuando un cuerpo se desplaza por una superficie. A partir de las ecuaciones que rigen este fenómeno se definen las entradas: la fuerza gravitacional, la masa del cuerpo y el ángulo del plano inclinado θ , así mismo se definen las salidas: las fuerzas tanto normal, como de rozamiento, la aceleración, la velocidad y su respectiva posición [19]

Finalmente, el tercer fenómeno que se analiza es la conservación de energía que se describe como uno de los principios físicos fundamentales, donde la energía siempre puede cambiar de forma pero no puede ser creada ni destruida. El fenómeno que permite estudiar los fundamentos de la conservación de la energía es el péndulo simple, en este las variables iniciales o entradas son la longitud de la cuerda, el ángulo de apertura del péndulo, la masa y por supuesto la gravedad, a partir de estas las incógnitas que se despejan son la energía potencial, energía cinética, energía mecánica, altura del péndulo y la velocidad [18]

3. Desarrollo

Para el desarrollo del aplicativo se utilizaron las entradas y salidas identificadas en la sección 2, según estas, la interacción, inmersión y realimentación del usuario se definió bajo una arquitectura básica que se muestra en la Figura 1. El proceso inicia con el procesamiento de imágenes, lo que permite la identificación del marcador y la decodificación de la información contenida en el mismo, esto incluye el modelo 3D y los parámetros correspondientes a cada laboratorio (variables modificables), a partir de punto se pueden

configurar las condiciones iniciales, generando un procesamiento de los datos y una visualización de los mismos en tiempo real, estos están en pantalla y a su vez van generando un reporte en un archivo .TXT, para su posterior análisis.

Adicionalmente se diseñó una cartilla que el usuario utiliza para el desarrollo de la práctica, esta contiene información útil sobre el fenómeno y presenta los marcadores asociados a cada fenómenos para visualizarlos, reconfigurarlos y obtener la información referente a la solución de cada problema.

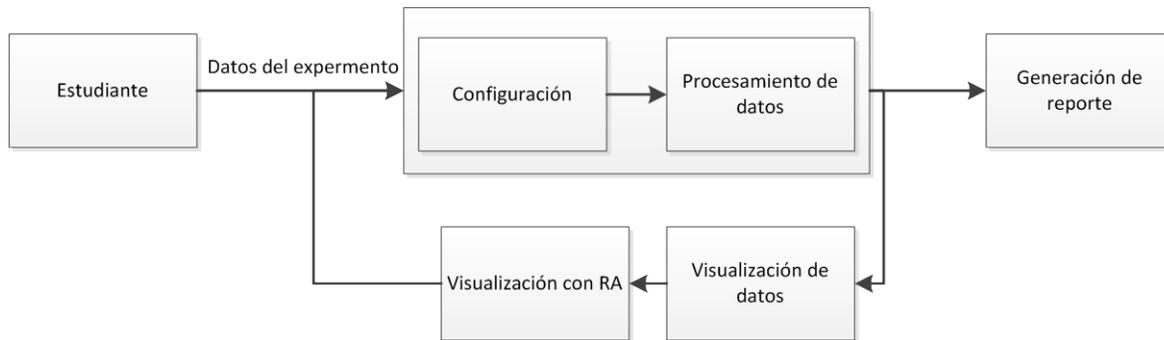


Figura 1 Arquitectura del sistema

Con base en el funcionamiento del aplicativo, su arquitectura y la interfaz de usuario requerida para sacar provecho de la RA se realizó un estudio de varias herramientas disponibles tanto comerciales como de código abierto para el desarrollo de aplicativos con RA. Como primera medida se definieron unos lineamientos funcionales basados en el uso de herramientas de código abierto, que sea flexible permitiendo adicionar más características o fenómenos, y que sea portable de forma que pueda ser ejecutada sobre diferentes plataformas sin altos requerimientos de hardware. De las herramientas analizadas se escogió a *Processing* [20] porque presenta las siguientes características que están alineadas con los requerimientos de desarrollo: es un software de licencia gratuita, posibilidad de generar contenido tanto 2D como 3D, el uso de OpenGL, la exportación de aplicaciones a Linux, Mac, IOS, Android y Windows, gran soporte de librerías y documentación de apoyo. Dentro de estas librerías se utilizaron algunas que permiten la carga de modelos tridimensionales [21], uso de marcadores en RA [22], y por último, componentes para diseñar la interfaz gráfica [23], que permiten potenciar el desarrollo del aplicativo propuesto

4. Resultados

Del proceso de desarrollo se obtuvo un aplicativo para cada fenómeno que responde a las entradas y salidas requeridas realimentado al usuario con información del experimento, navegación en el espacio de los modelos aumentativos y una cartilla para realizar las prácticas. Cada aplicativo se compone de un modelo tridimensional y un objeto que realiza la simulación, botones y barras de desplazamiento que permiten la selección y modificación de parámetros como en el parabólico y en el péndulo el ángulo y en el de fuerza de fricción el parámetro modificable es el coeficiente de rozamiento ver Figura 2, Figura 3, Figura 4, así como la manipulación del marcador dentro del rango de la cámara, los marcadores al estar en la cartilla permiten que el usuario pueda rotarlos para observar desde diferentes ángulos la simulación.

Para la realización de pruebas todas las prácticas se encuentran en sus condiciones iniciales ideales, sin ninguna modificación en sus parámetros, para que el usuario realice los cambios, correspondientes a la experiencia.

Una vez configurados los fenómenos se realizó una prueba con estudiantes de ingeniería que ya habían cursado la materia, ya que ellos poseen conocimientos previos sobre la asignatura, para validar la herramienta. La prueba consistió en que cada usuario tenía la cartilla y las carpetas de las prácticas, para que tuviera una selección libre los laboratorios y pudiera explorarlos como si estuviera en casa. La experiencia se validó a través de una encuesta donde en primera instancia se deseó conocer si existió alguna dificultad en el aprendizaje de los fenómenos a lo cual un 27% respondió afirmativamente al tiro parabólico y fricción, en cuanto un 45% afirmó tener dificultades con la conservación de energía, y el resto no experimentó dificultades. Tomando como base este antecedente, se presentó la herramienta a un grupo de estudiantes de los cuales el 91% conocen la RA y consideran que puede ser una herramienta de apoyo útil en su proceso de aprendizaje. Luego de utilizar el aplicativo un 45% lo encontraron muy interesante y un 55% interesante, manifestando que la realimentación visual del fenómeno y la información presentada son de utilidad, expresando que la experiencia fue muy buena un 18%, buena un 73% y regular un 9%.

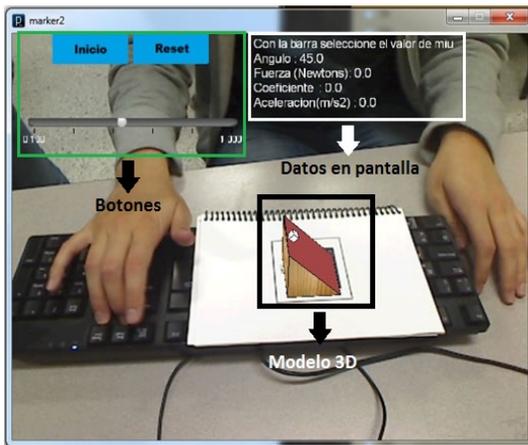


Figura 3 Resultado Fuerza de Fricción

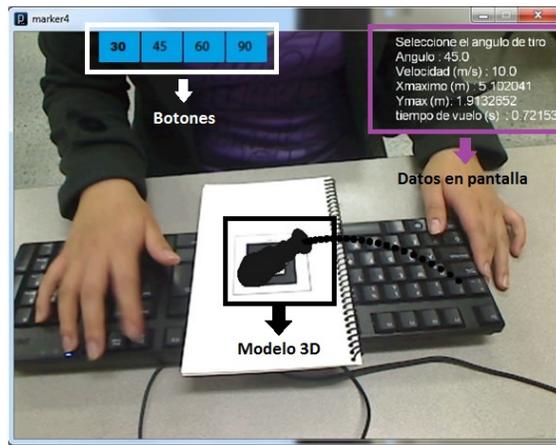


Figura 2 Resultado Movimiento Parabólico

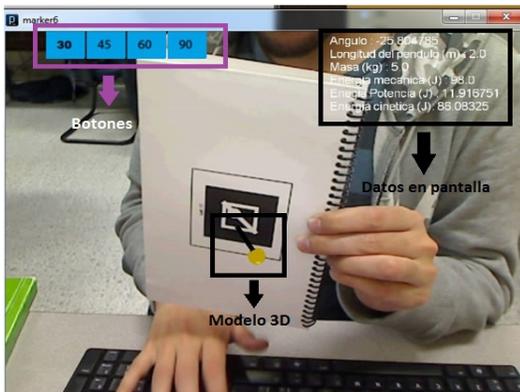


Figura 4 Resultado Péndulo simple

5. conclusiones

A partir del análisis, desarrollo y resultados obtenidos es posible identificar un interés de los estudiantes y docentes por este tipo de herramientas ya que resulta un recurso educativo nuevo e interactivo. Algunos desafíos encontrados al realizar las pruebas permitieron identificar necesidades del aplicativo como permitir mayores cambios en las condiciones iniciales, para así ampliar la base experimental esto fue el resultado de mostrar el aplicativo a un profesor de la asignatura.

Así mismo, el desarrollo basado en *Processing* permite un aplicativo que pueda ser mejorado, adecuado e integrado con otras tecnologías como software de animación 3D donde se pueden visualizar fenómenos físicos con un mayor grado de realismo, también puede conectar con interfaces electromecánicas a través de tarjetas Arduino.

Como trabajo futuro se buscará ampliar las prácticas de laboratorio asignadas al experimento y mejorar la interacción del usuario con las entradas del aplicativo.

Referencias

- [1] Ministerio de Comunicaciones República de Colombia (2008), Plan nacional de tecnologías de la información y telecomunicaciones, Bogotá.
- [2] R. Azuma, «A Survey of Augmented Reality», *Presence*, vol. 6, pp. 355-385, 1997.
- [3] S. Zagoranski y S. Divjak, «Use of augmented reality in education», *Eurocon 2003 Comput. Tool leee Reg. 8*, vol. 2, pp. 339-342 vol.2, 22.
- [4] «Handheld Augmented Reality Project». [En línea]. Disponible en: <http://isites.harvard.edu/icb/icb.do?keyword=harp>. [Accedido: 30-mar-2013].
- [5] Aw Kien Sin y H. B. Zaman, «Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality book-based educational tool», *Inf. Technol. Itsim 2010 Int. Symp.*, vol. 1, pp. 1-6, 15.
- [6] «Augmented Reality - Interactive Learning Resources». [En línea]. Disponible en: <http://www.arlearning.co.uk/>. [Accedido: 22-abr-2013].
- [7] P. Vate-U-Lan, «Augmented Reality 3D pop-up children book: Instructional design for hybrid learning», *E-Learn. Ind. Electron. Icelie 2011 5th leee Int. Conf.*, pp. 95-100, 7.
- [8] «App Store Descargas en iTunes». [En línea]. Disponible en: <https://itunes.apple.com/es/genre/ios/id36?mt=8>. [Accedido: 07-jun-2013].
- [9] «Google Play». [En línea]. Disponible en: http://play.google.com/intl/es/about/index.html#utm_source=HA_Desktop_CO&utm_medium=GDN&utm_campaign=gplaunch. [Accedido: 07-jun-2013].
- [10] «Wikitude - The World's leading Augmented Reality SDK». [En línea]. Disponible en: <http://www.wikitude.com/>. [Accedido: 07-sep-2012].
- [11] «Augment | Visualize 3D Models in Augmented Reality». [En línea]. Disponible en: <http://augmentedev.com/#home>. [Accedido: 07-jun-2013].
- [12] «DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística». Consultado: 5 de septiembre de 2012 en <http://www.dane.gov.co>
- [13] Corporación Colombia digital (2012), Libro Aprender y Educar con las tecnologías del siglo XXI, Bogotá.

- [14] N. Carr, *The Shallows: What the Internet Is Doing to Our Brains*, Reprint. W. W. Norton & Company, 2011.
- [15] J. Martin-Gutierrez, R. E. Navarro, y M. A. Gonzalez, «Mixed reality for development of spatial skills of first-year engineering students», *Front. Educ. Conf. Fie 2011*, p. T2D-1, 12.
- [16] Hannes Kaufmann, Bernd Meyer, Simulating Educational Physical Experiments in Augmented Reality, Institute of Software Technology and Interactive Systems Vienna University of Technology. [17] F. Pengcheng, Z. Mingquan, y W. Xuesong, «The significance and effectiveness of Augmented Reality in experimental education», *E-Bus. E-Gov. Icee 2011 Int. Conf.*, pp. 1-4, 6.
- [18] Y. H. D, *FISICA UNIVERSITARIA SEARS ZEMANSKY*. PRENTICE HALL, 2004.
- [19] R. A. Serway y J. W. Jewett Jr, *Fisica para ciencias e ingenieria/ Physics For Scientists And Engineers*, 7 Tra. It Editores Sa De Cv, 2008.
- [20] «Processing.org». [En línea]. Disponible en: <http://www.processing.org/>. [Accedido: 01-dic-2012].
- [21] «saitoobjloader - Processing OBJLoader library - Google Project Hosting». [En línea]. Disponible en: <http://code.google.com/p/saitoobjloader/>. [Accedido: 22-abr-2013].
- [22] «Welcome to NyARToolkit.EN | NyARToolkit project». [En línea]. Disponible en: http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/?page_id=198. [Accedido: 09-sep-2012].
- [23] «guicomponents V1.6.2.zip - gui4processing - V1.6.2 Clearer text for P3D and P2D. Horz/vert text positioning inside buttons an labels - GUI for Processing programming environment - Google Project Hosting». [En línea]. Disponible en: <http://code.google.com/p/gui4processing/downloads/detail?name=guicomponents%20V1.6.2.zip&can=2&q=>. [Accedido: 22-abr-2013].

Sobre los autores

- **Eliana Prada Domínguez:** Ing. en Multimedia, Universidad Militar Nueva Granada, elugreen@gmail.com
- **Álvaro Uribe Quevedo:** Ing. en Mecatrónica, Magíster y Doctor en Ingeniería Mecánica, alvaro.uribe@unimilitar.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)