



# PROPUESTA DE UN JUEGO SERIO PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA FÍSICA CINEMÁTICA EN EDUCACIÓN MEDIA

Carol Julieth Aguilar Paz, María Isabel Vidal Caicedo, Gabriel Elías Chanchí Golondrino, Carlos Fernando Aguilar Castrillón, Andrés Felipe Ojeda Rivera

Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca  
Popayán, Colombia

## Resumen

En este artículo se presenta la propuesta de un modelo de juego serio para la enseñanza de la física cinemática, orientado a estudiantes de educación media, teniendo en cuenta la dificultad de estos estudiantes para apropiarse de esta temática. En el modelo del juego serio propuesto se han considerado un conjunto de recomendaciones desde la perspectiva tecnológica y pedagógica, asociadas a la construcción de los juegos serios y su didáctica. Así, uno de los aportes más significativos de esta propuesta es el establecimiento de nuevas rutas de aplicación de las TIC en procesos educativos. Finalmente, los resultados científicos y tecnológicos alcanzados con esta investigación también serán de interés para otros profesionales que estén relacionados con la ciencia y tecnología de la información.

**Palabras clave:** aprendizaje; cinemática; enseñanza; juegos serios

## Abstract

*This article presents the proposal of a serious game model for the teaching of kinematics, oriented to middle level students, taking into account the difficulty of these students to understand this subject. In the proposed serious game model, a set of recommendations have been considered from a technological and pedagogical perspective, associated with the construction of serious games and their didactics. Thus, one of the most significant contributions of this project is the establishment of new routes for the application of ICT in educational processes. Finally, the scientific and technological results achieved with*

*this research will also be of interest to other professionals who are related to science and information technology.*

**Keywords:** *kinematics; learning, serious game; teaching*

## 1. Introducción

Actualmente las tecnologías basadas en el desarrollo de juegos serios, proponen su utilización como una herramienta con un propósito educativo explícito y cuidadosamente diseñado (Abt, 1970), permitiendo a los participantes experimentar, aprender y adquirir experiencias sobre un contenido específico de un eje temático dado, que podría desarrollar habilidades cognitivas generando capacidades frente a situaciones reales del entorno y beneficiando los procesos educativos. El interés de investigar este tema se debe principalmente a la comprensión del papel de las nuevas tecnologías de la información con el mejoramiento de las herramientas educativas, lo cual puede originar el surgimiento de nuevas metodologías en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Teniendo en cuenta estas consideraciones, el campo de estudio basado en los juegos serios está abierto a la investigación de los métodos de diseño incluyendo los modelos de contenidos, pedagógicos, lúdicos y evaluativos, estos permiten valorar su impacto en aspectos dentro del aprendizaje, la innovación, la creatividad y las prácticas sociales de los usuarios. Una opción interesante dentro de estas modalidades de juegos son su utilización en la enseñanza de la cinemática, donde se podría involucrar directamente al jugador en soluciones a problemas que comprometen su realidad inmediata.

Considerando la metodología de los juegos serios como una herramienta educativa y una estrategia pedagógica para el fortalecimiento del proceso educativo de la física, este artículo presenta un modelo para el diseño de un juego enfocado en la enseñanza de la cinemática, como medio para la generación conceptual de la geometría del movimiento en estudiantes de educación media, el cual pretende contribuir a la apropiación de las Tecnologías en los procesos de enseñanza-aprendizaje. El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: En la sección 2 se presenta el modelo para el diseño e implementación de juegos serios. En la sección 3 se describe la manera como se implementó el modelo en la propuesta del juego serio que se presenta en este trabajo. Finalmente, en la sección 4 se muestran las conclusiones y trabajos futuros derivados del presente trabajo.

## 2. Modelo de un juego serio orientado a la enseñanza de la cinemática

El objetivo fundamental de los juegos serios es crear entornos de aprendizaje que faciliten experimentar con problemas reales a través de videojuegos (Michael-Chen, 2006), además de permitir examinar múltiples soluciones, explorar, descubrir información y nuevos conocimientos sin temor a la equivocación, principalmente, porque en el juego se aprende del error (Gross, 2009).

Actualmente existen varios modelos de juegos serios propuestos para el aprendizaje de la física y la aplicación de las nuevas tecnologías. Muñoz et al (2009) explora la creación de un juego de física educativa utilizando una arquitectura de juego diseñada para involucrar al estudiante mientras juega y aprende, además de proporcionar un método de evaluación de los resultados registrados; otro ejemplo de juego serio basado en el aprendizaje de la Mecánica Newtoniana es propuesto por Juuti et al (2007), en el cual se examina el impacto que tiene un ambiente de aprendizaje virtual mediante la creación de mundos virtuales o ambientes interactivos para enseñar varios principios de la física, tales como la gravedad y colisiones. Finalmente, Mohanty et al (2011) discute varios juegos de video usados para enseñar física a estudiantes de pregrado. Todos estos ejemplos de juegos que utilizan conceptos de física fueron la base para determinar la importancia de la representación visual de un fenómeno y sus aplicaciones cognitivas en los estudiantes, por lo tanto, a partir de esta conclusión, se deberá diseñar un modelo incluyendo una serie de etapas para mejorar la visualización de los fenómenos físicos permitiendo una evaluación dentro del juego, considerando, posiblemente, nuevos problemas a resolver durante la retroalimentación del diseño.

Por otro lado, a pesar del aumento en el uso de este tipo de tecnologías, no existe un único modelo que permita introducir marcos fáciles para la implementación de un juego serio, orientado a un área temática específica de conocimiento (Amory y Seagram, 2003). El desafío de la aplicación de un modelo para el desarrollo de un juego serio, consiste en equilibrar el contenido pedagógico (Freitas y Oliver, 2006), las necesidades del usuario, el entretenimiento (Zyda, 2005), su implementación, la evidencia y la retroalimentación (Groff et al., 2015).

El propósito principal de esta propuesta radica en la integración de cinco elementos en un esquema basado en algunos modelos teóricos implementados para el desarrollo de juegos serios y su aplicación en temas específicos, el modelo pedagógico propuesto se basa en diferentes aspectos ampliamente discutidos que proponen un esquema básico de construcción de un juego serio, el primer modelo denominado marco cuantitativo (de Freitas y Oliver, 2006), establece cuatro dimensiones para la implementación, dentro las cuales se encuentran el contexto del aprendizaje, las particularidades del alumno, la representación del juego y las pedagogías adoptadas, otro aspecto importante a tener en cuenta se propone dentro del modelo exploratorio de aprendizaje (de Freitas y Neumann, 2009), donde la interacción social se convierte en el centro de procesos de aprendizaje más interactivos y atractivos; por otro lado, con respecto al desarrollo de la motivación del juego, se pueden establecer algunas actividades lúdicas que faciliten el proceso de aprendizaje (Staalduinen y de Freitas, 2011), finalmente, se consideró el modelo de diseño Centrado en la Evidencia (ECD), definido como un marco de diseño conceptual usado para recolectar datos de evaluación en muchos tipos de formatos, incluidos los juegos digitales (Groff et a., 2015).

Por lo tanto, el modelo propuesto recoge cinco aspectos comunes de los modelos anteriormente mencionado: contexto, definición y diseño conceptual, diseño de interacción e implementación, validación y evaluación, los cuales se representan en la Figura 1. Para el desarrollo e implementación se contará con cinco equipos de trabajo, encargados de los aspectos pedagógicos, creativos, de diseño gráfico, desarrollo y

usabilidad, en el modelo planteado, cada equipo participará en la implementación del juego serio y se encargará de la retroalimentación de las etapas propuestas.

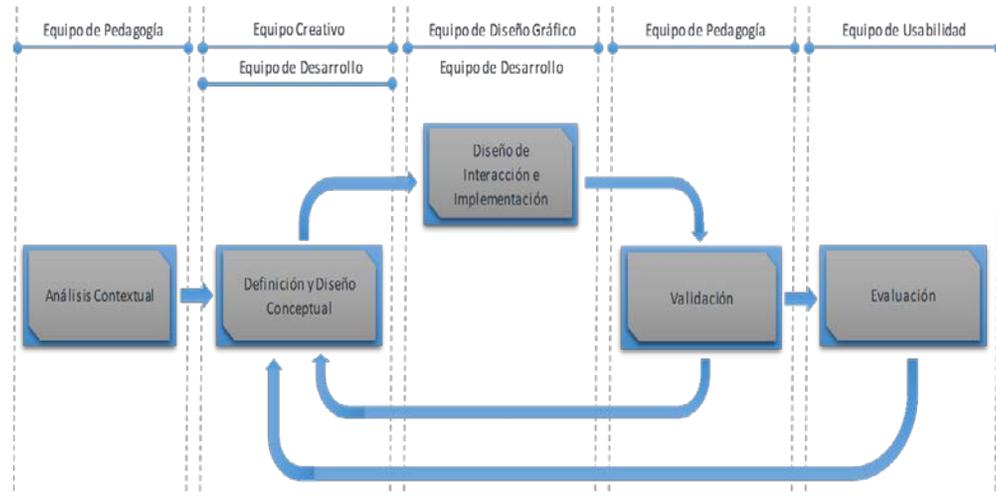


Figura 1. Modelo del juego serio adaptado del modelo propuesto por de Freitas y Oliver (2006), de Freitas y Neumann (2009), Staalduinen y de Freitas (2011) y el modelo de diseño Centrado en la Evidencia (Groff et a., 2015)

En la primera etapa se definió el contexto particular del juego, se consideraron factores externos como los escenarios históricos, políticos, económicos, disponibilidad de recursos y herramientas específicas. Dentro de esta primera etapa se especifica el conocimiento a adquirir y la comprensión concreta del tema, así como la disponibilidad de soporte técnico. En la segunda etapa se consideró los atributos del alumno particular o del grupo de estudiantes, incluyendo la edad y el nivel del grupo, en esta fase se especificó los componentes de aprendizaje, incluyendo antecedentes, estilos y preferencias, lo cual permitió definir los elementos en el diseño de los retos y actividades lúdicas, vinculados a las tareas que involucran a los estudiantes con respecto a esos conocimientos y habilidades. La tercera etapa se centró en el diseño y la implementación del juego, en este contexto este aspecto se refiere al modo de presentación, la interactividad, los niveles de inmersión y fidelidad; esta dimensión es particularmente significativa para el modelo, debido a la diferencia entre estar inmerso en el juego y el proceso de reflexión crítica que tiene lugar fuera de él; posteriormente en la cuarta etapa, denominada validación, se contrastó a partir de los resultados de pruebas obtenidos, la aplicabilidad del juego en el desarrollo conceptual del estudiante, cualquier falla en esta etapa implicó una reevaluación del diseño en general. En la quinta etapa, denominada evaluación, se analizó los elementos de registros, datos y acciones generados durante la actividad, los cuales permitieron proporcionar interpretaciones y evidencia del avance del conocimiento adquirido por el estudiante (de Freitas and Liarokapis, 2011).

En conjunto, estas etapas proporcionan un marco para especificar los conocimientos y habilidades a explorar, las tareas que pueden involucrar a los estudiantes con respecto a esos conocimientos y habilidades; y los datos de evidencia generadas a partir de estas tareas, los cuales se interpretarán para hacer inferencias sobre la capacidad de

aprendizaje del estudiante, creando un circuito de retroalimentación para una experiencia de aprendizaje continuo.

### **3. Implementación del modelo**

En esta sección se presenta el modo como los cinco elementos del modelo propuesto en este artículo se implementaron en un prototipo software para el apoyo a los conceptos de cinemática, este prototipo sirvió de base para realizar una primera aproximación de la implementación del modelo.

#### **3.1. Análisis contextual**

El prototipo diseñado para la aplicación del modelo descrito anteriormente, se denominó kinematics 1.0, juego serio relacionado con el aprendizaje de la cinemática, desarrollado para ser ejecutado en PC. La implementación de este juego estará diseñada para estudiantes de 13 a 15 años, en el entorno de desarrollo blender 3D. Se definieron como contenidos, los siguientes subtemas del área cinemática: movimiento rectilíneo uniforme, movimiento rectilíneo con aceleración constante, caída libre y movimiento parabólico, lo anterior considerando que a nivel de la región estas son temáticas elementales de la enseñanza de la física, las cuales constituyen una parte fundamental en la didáctica y la pedagogía de las ciencias básicas, por esta razón son la base de la formación académica y curricular de las ciencias y las ingenierías; haciendo evidente la necesidad de planear mediante un conjunto de herramientas que permitan entre docentes y estudiantes, retroalimentar el trabajo en aula constantemente, con el propósito de desarrollar una cultura científica.

Estas temáticas fueron agrupadas en un conjunto de juegos serios cuyo objetivo es motivar la aplicación de los conceptos abordados en clase a situaciones simuladas. Las actividades se concentrarán en niveles, estos deberán superarse para poder avanzar a la siguiente fase, en la que se presentará diferentes retos a resolverse utilizando la descripción del movimiento estudiado.

En el prototipo presentado en este artículo, el jugador se encuentra en la base de operaciones de una organización formada por villanos denominada Nitro, la cual se encuentra en una isla llamada Kinematics, los guardianes de la base son una serie de especies experimentales creadas por el doctor Guerra, investigador que busca sembrar el terror, creando un ejército para esclavizar la raza humana; el personaje principal deberá completar una serie de misiones para destruir el laboratorio de Nitro y capturar al doctor Guerra, los retos diseñados contendrán escenarios de aventura, estrategia y táctica.

#### **3.2. Definición y diseño conceptual**

El sistema estará compuesto por objetivos educativos definidos para cada subtema que compone el área de la cinemática, estos estarán ligados a tareas educativas de las diferentes temáticas mencionadas en la fase 1, relacionándolas con pruebas a superar

dentro del juego, cada una de las cuales incluye unos niveles de dificultad. Lo anterior se hizo considerando el diseño conceptual propuesto por herramientas software para la enseñanza, y articulado al uso de las mecánicas y dinámicas propias del juego como son: un conjunto de preguntas asociadas a cada prueba o reto, una historia en la que se enmarca el contenido, las diferentes vidas del jugador al iniciar cada prueba, el registro de tiempo empleado por el jugador al abordar las diferentes pruebas, el puntaje obtenido de cada jugador al abordar adecuadamente cada uno de los retos y el porcentaje de avance en el cumplimiento de cada una de las pruebas.

### 3.3. Etapa de diseño de interacción e implementación

A partir del diseño presentado en la fase anterior, en esta sección se describe la implementación de una de las pruebas del juego serio, de manera particular el reto relacionado con la temática de movimiento parabólico. Los requerimientos funcionales propuestos al equipo de desarrollo estuvieron relacionados con permitir al usuario a partir del ingreso de un conjunto de variables matemáticas (ángulo, velocidad, distancia) la simulación del movimiento parabólico, con el fin de determinar si el jugador acierta o no el disparo hacia un blanco particular, lo cual está enmarcado dentro de la historia descrita en la etapa 1 del modelo (ver Figura 1). Para acertar con los valores solicitados en el formulario del juego, el usuario debe hacer los cálculos matemáticos adecuados empleando las ecuaciones del movimiento parabólico. De igual modo otro de los requisitos funcionales está relacionado con el registro del tiempo de cada prueba, así como el manejo de las vidas y los puntajes, dependiendo del número de intentos que el usuario emplee en superar cada una de las pruebas.

Los diferentes retos del juego serio fueron implementados mediante la herramienta libre y multiplataforma Blender, esta permitió el modelado, animación y creación de gráficos tridimensionales. En el diseño de cada reto se sugirió a los desarrolladores el uso de elementos gráficos siguiendo el modelo mental del usuario, es decir elementos que le permitieran al jugador la relación entre el sistema y el mundo real. Así dentro del reto presentado en la figura 2 se observa el cañón, los árboles, el pasto y diferentes texturas propias del mundo real.

### 3.4. Etapa de validación

Dentro de la etapa de validación se contó con el apoyo de profesionales del área de la física y la informática, quienes en conjunto con el equipo desarrollador definieron métricas que permitieran verificar el cumplimiento de las competencias asociadas a cada uno de los retos del juego serio. De este modo, dentro de las métricas consideradas por el juego serio se encuentran:

**Tiempo por prueba:** Métrica como el tiempo empleado por el usuario en superar adecuadamente cada una de las pruebas o retos provistos por el juego serio. En caso que el jugador emplee varios intentos en superar una prueba, este valor corresponde al promedio de los tiempos.

**Número de intentos por prueba:** Métrica definida como el número de veces que el jugador requiere para superar adecuadamente cada una de las pruebas o retos del juego serio.

**Número de puntos acumulados:** Métrica definida como la cantidad de puntos que acumula el usuario al superar un reto determinado. Este valor es inversamente proporcional al número de intentos empleados por cada una de las pruebas.

**Número de veces que usa la ayuda:** Esta métrica es definida como el número de veces que el usuario requiere el uso de la ayuda teórica proporcionada por el juego, mientras el jugador interactúa con cada uno de los retos.

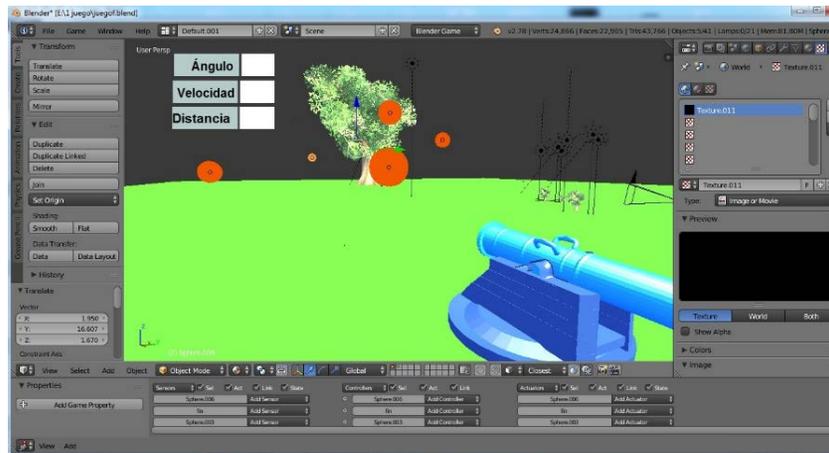


Figura 2. Reto: Inmovilizando arácnidos. Objetivo de aprendizaje: ángulo de lanzamiento y altura máxima, subtema: movimiento parabólico, tema: cinemática, área de conocimiento: física

### 3.5. Etapa de evaluación

Para la etapa de evaluación del juego serio se hizo uso de la técnica de Focus Group, la cual consiste en la realización de entrevistas de grupo, contando con un moderador encargado de guiar una entrevista colectiva durante la cual un grupo de personas (entre 6 y 8 personas preferiblemente con un número de integrantes impar) inicia una discusión en torno a las características y las dimensiones del tema propuesto. Cabe resaltar que en el presente trabajo la técnica de Focus Group estuvo dirigida en torno al cumplimiento de los principios heurísticos de Nielsen por parte de los prototipos de los retos. Los principios heurísticos de Nielsen son 10 (visibilidad del estado del sistema, relación entre el sistema y el mundo real, control y libertad de usuario, consistencia y estándares, prevención de errores, reconocimiento antes que recuerdo, flexibilidad y eficiencia de uso, diseño estético y minimalista, ayudar a los usuarios a reconocer y ayuda y documentación) y tienen por objetivo garantizar el cumplimiento de las características de usabilidad dentro de aplicaciones interactivas de propósito general (Nielsen,1994).

A partir de lo anterior, la sesión de Focus Group estuvo conducida hacia la evaluación del cumplimiento de los diez principios de usabilidad de Nielsen. Como resultado de esta sesión, se obtuvo que los principios heurísticos de visibilidad del sistema, consistencia y estándares y ayuda y documentación fueron los menos aplicados en el

prototipo. En cuanto al principio de visibilidad del sistema, los evaluadores manifestaron la necesidad de incluir títulos en cada una de las vistas para orientar al usuario sobre el reto a superar. Así mismo se sugirió la inclusión del puntaje y las vidas en la parte superior derecha de la pantalla. En cuanto al principio de consistencia y estándares se recomendó el uso de los mismos tipos de fuentes, colores en los títulos y vistas de las diferentes pruebas y/o retos del juego. A nivel del principio de ayuda y documentación, se recomendó incluir en pantalla el modo de interacción del usuario con el prototipo software, así como el manejo de ayuda contextual teórica dependiendo del reto en el que el usuario se encuentre. Los cambios propuestos se presentan en la Figura 3.



Figura 3. Modificaciones realizadas utilizando los resultados obtenidos en la etapa de evaluación

#### 4. Conclusiones y trabajos futuros

El presente trabajo propone un proceso metodológico aplicado al desarrollo de juegos serios cuyo enfoque es la enseñanza de la cinemática, el modelo se basa en el desarrollo de cinco fases articulando equipos de trabajo de diferentes disciplinas, lo cual puede generar soluciones alternativas a la enseñanza de la física tradicional.

El modelo propuesto para el diseño e implementación de juegos serios toma en consideración aspectos relevantes de la pedagogía y de la usabilidad, las cuales normalmente no son considerados en el proceso de construcción de aplicaciones. Lo anterior permite que la propuesta de juego serio este centrada en los objetivos del aprendizaje y en la interacción adecuada por parte del usuario.

La evaluación de usabilidad realizada a los diferentes retos del juego serio, mediante las heurísticas de usabilidad de Nielsen, permitió contribuir con el cumplimiento de los objetivos de eficacia, eficiencia y satisfacción por parte del usuario de acuerdo al estándar ISO 9241, lo cual facilita una retroalimentación que favorece la escalabilidad y el mejoramiento del producto software.

Como trabajo futuro derivado del presente artículo, se pretende evaluar la propuesta de juego serio haciendo uso de test de usuarios, aplicado a estudiantes de básica primaria dentro del laboratorio de usabilidad. Lo anterior con el fin de complementar la

evaluación de usabilidad realizada mediante la técnica de focus group. De igual manera se propone usar en próximas versiones del producto, interfaces de entrada y salida como cámaras, gafas de realidad virtual o tecnologías de realidad aumentada, mejorando la inmersión de los usuarios finales y pensando en incluir nuevas temáticas asociadas a otras áreas de la física.

## 5. Referencias

- Amory, A. and Seagram, R. (2003). Educational game models: conceptualization and evaluation. *South African Journal of Higher Education*, Vol 17, No. 2, pp. 206 – 217.
- Abt, C. (1987). *Serious Games*. Lanham, MD: University Press of America, Reprint. Originally published: New York: Viking Press, 1970, pp. 1-196.
- de Freitas, S. and Oliver, M. (2006). How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated? *Computers and Education*, Vol. 46, pp. 249-264.
- de Freitas, S. & Liarokapis, F. (2011) *Serious Games: A New Paradigm for Education?* In *Serious Games and Edutainment Applications*, Ma, M. et al. (eds.), Springer: UK, pp. 29–54.
- de Freitas, S. and Neumann, T. (2009) The use of 'exploratory learning' for supporting immersive learning in virtual environments. *Computers and Education*, Vol. 52, No. 2, pp. 343- 352.
- Groff, J., Clarke-Midura, J., Owen E., Rosenheck, L., Beall, M. (2015). *Better Learning in Games. A Balanced Design Lens for a New Generation of Learning Games*. Learning Games Network, MIT Education Arcade Creative Commons License Attribution Share Alike 4.0 International, pp. 6-20.
- Gross, B. (2009). Certezas e interrogantes acerca del uso de videojuegos para el aprendizaje, *Universitat Oberta de Catalunya, Comunicació*, Vol.1, No. 7. ISSN 1989-600X, pp 251-264.
- Juuti, K., Lavonen, L. and Meisalo, V. (2007) *Learning Newtonian Mechanics in Virtual and Real Learning Environments in Grade 6 in a Finnish Primary School*. Proceedings of the IASTED International Conference. University of Helsinki, Finland 16-18, pp. 51-68.
- Nilsen, J., Mack, R. (1994). *Usability Inspection Methods*, Proceeding Conference Companion on Human Factors in Computing Systems New York, NY, pp 413-441.
- Michael, D. and Chen S. (2006). *Serious Games, Games that educate, train, and inform*, Thomson course technology PTR, Boston, ISBN 1-59200-622-1, pp. 17-27.
- Mohanty, S. and Cantu, S. (2011) *Teaching Introductory Undergraduate Physics Using Commercial Video Games*. Consultado en junio 2017 en <http://arxiv.org/pdf/1107.5298v1.pdf>.
- Munoz, K., Noguez, J., McKeivitt, P., Neri, L., Robledo-Rella, V. and Lunney, T. (2009) *Adding Features of Educational Games for Teaching Physics*. 39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference [online]. University of Ulster, Magee 18-21 October. San Antonio.

- Staalduinen, J.P.v., de Freitas, S. (2011). A game-based learning framework: Linking game design and learning outcomes. In: Khyne, M.S. (ed.) Learning to Play: Exploring the Future of Education with Video Games. Peter Lang, New York, pp. 29–54.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. Computer. Vol. 38. No. 9, pp. 25–32.

### Sobre los autores

- **Carol Julieth Aguilar Paz:** Ingeniera Física, Master en Ingeniería Física. Docente de cátedra Facultad de Ingeniería de la IUCMC. carola@unimayor.edu.co
- **María Isabel Vidal Caicedo:** Ingeniera de Sistemas, Especialista en Telemática. Docente ocasional de la Facultad de Ingeniería de la IUCMC. mvidal@unimayor.edu.co
- **Gabriel Elías Chanchí Golondrino:** Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Magister en Ingeniería Telemática. Doctor en Ingeniería Telemática. Docente de planta de la Facultad de Ingeniería de la IUCMC. gchanchi@unimayor.edu.co
- **Carlos Fernando Aguilar Castrillón:** Estudiante de Ingeniería Informática de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca. felip77@unimayor.edu.co
- **Andrés Felipe Ojeda Rivera:** Estudiante de Ingeniería Informática de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca. carlosaguilar@unimayor.edu.co

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)