

COLECCIÓN
MENSAJES

Innovación educativa en Iberoamérica: estudio de casos de investigación

Oscar Rafael Boude Figueredo
y Erika Jaillier, compiladores



Universidad
Pontificia
Bolivariana

Boude Figueredo, Oscar, compilador
Innovación educativa en Iberoamérica: estudio de casos de investigación / Oscar Rafael
Boude Figueredo y Erika Jaillier, compiladores – 1 edición --Medellín: UPB, 2020.
334 páginas : ilustraciones a color; 14 x 21 cm. (Mensajes)
ISBN: 978-958-764-796-9

1. Innovaciones educativas – 2. Tics (Tecnologías de Información y Comunicación)
– 3. Tecnología Educativa – I. Jaillier, Erika, compilador– II. Título -- (Serie)

CO-MdUPB / spa / rda
SCDD 21 / Cutter-Sanborn

- | | |
|--|--------------------------------------|
| © Eliana Bigai Núñez | © Ricardo Luciano Chaparro Aranguren |
| © Isabel Cristina Rodríguez Ordóñez | © Claudia Ximena Pinilla Aguilar |
| © Carolina Monserrath Ruilova Yangari | © Hugo Alexander Rozo García |
| © Carlos Alberto Barón Serrano | © Martha Sofía Prada Molina |
| © Carlos David Martínez Ramírez | © Juan Guillermo Cardona Buritica |
| © Carol Julieth Aguilar | © Rosana del Carmen Betancur Ávila |
| © Gabriel Elías Chanchí | © Juan Pablo Guzmán Uribe |
| © María Isabel Vidal | © Magle Virginia Sánchez Castellanos |
| © Diana Elizabeth Escobar Lafuente | © Sandra Patricia Guevara Núñez |
| © Carlos Humberto Barreto Tovar | © Diego Fernando Becerra R. |
| © Larisa Enriquez Vázquez | © Marcela Benítez Mendivelso |
| © Ronald Saúl Gutiérrez Ríos | © Hugo Rozo García |
| © Miguel Ángel Cárdenas Toro | © Lina Paola Sorza Rodríguez |
| © Oscar Rafael Boude Figueredo | |
| © Erika Jaillier Castrillón | |
| © Editorial Universidad Pontificia Bolivariana | |
- Vigilada Mineducación

Colección Mensajes

Innovación educativa en Iberoamérica: estudio de casos de investigación

ISBN: 978-958-764-796-9

DOI: <http://doi.org/10.18566/978-958-764-796-9>

Primera edición, 2020

Escuela de Ciencias Sociales

Facultad de Comunicación Social-Periodismo

CIDI. Grupo: GICU. Proyecto: Apropiación y fomento de la innovación social: evaluación de capacidades, seguimiento a transformaciones sociales y medición de impactos. Radicado: 104C-05/18-17.

Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector Académico: Álvaro Gómez Fernández

Decano Escuela de Ciencias Sociales: Ramón Arturo Maya Gualdrón

Directora de la Facultad de Comunicación Social: María Victoria Pabón Montealegre

Editor: Juan Carlos Rodas Montoya

Coordinación de Producción: Ana Milena Gómez Correa

Diagramación: Geovany Snehider Serna Velásquez

Corrección de Estilo: Pablo Cuartas

Fotografía: <https://www.freepik.es/fotos/fondo>

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2020

Correo electrónico: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1875-08-07-19

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

juegos

**Diseño de un modelo
para la construcción
de juegos serios aplicados
a la enseñanza-aprendizaje
de física cinemática
en educación media**

*Design of a model for building serious games
applied to the teaching-learning of kinematics
physics in secondary education*

Carol Julieth Aguilar

*Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca
carola@unimayor.edu.co*

Gabriel Elías Chanchí

*Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca
gchanchi@unimayor.edu.co*

María Isabel Vidal

*Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca
mvidal@unimayor.edu.co*

Resumen

Este artículo presenta el diseño de un modelo para la construcción de juegos serios orientados a la enseñanza de la física cinemática, en el contexto de desarrollo curricular de la educación media, considerando las dificultades en la apropiación de esta temática. El modelo propuesto tiene en cuenta la base conceptual del movimiento y sus características en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física cinemática, considerando un conjunto de recomendaciones desde la perspectiva tecnológica y pedagógica, asociadas a la implementación de prototipos de juegos serios y su didáctica. Uno de los aportes más significativos de esta propuesta, es la definición de nuevas rutas de aplicación de las TIC en los métodos educativos, así como el diseño y construcción de actividades que permitan implementar propuestas a través de un prototipo, con el fin de hacer práctico y efectivo su uso en los procesos de aprendizaje significativo. 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.

Abstract

In this paper we present the design of a model for building serious games oriented to the teaching of kinematic physics, in the context of curricular development of secondary education. The proposed model takes into account the conceptual basis of the movement and its characteristics in the teaching-learning processes of kinematic physics, considering a set of recommendations from the technological and pedagogical perspective, associated with the implementation of prototypes of serious games and their didactics. One of the most significant contributions of this proposal is the definition of new routes of application of ICT in educational methods, as well as the design and construction of activities that allow the implementation of proposals through a prototype, in order to make practical and effective their use in significant learning 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 technologies.

Palabras clave

Aprendizaje, Cinemática, Enseñanza, Juegos serios

Keywords

Kinematics, Learning, Serious game, Teaching.

1. Introducción

Las ciencias físicas, como parte del estudio de ciencias básicas y la ingeniería, generan aportes a las nuevas tecnologías, que cuenta con dos elementos fundamentales en el establecimiento de nuevos conceptos, la observación y la experimentación. Para generar un concepto físico, es necesario aprender a definir las variables que mejor describen un fenómeno natural y mediante la variación de condiciones que modifiquen dichas variables, plantear un posible método de relación cuantitativo con el concepto, es decir, pasar del estudio y la observación a la exploración. De este modo, el trabajo exploratorio dentro de la enseñanza de la física tiene un efecto importante en la didáctica y la pedagogía de las ciencias básicas, por esta razón, constituye la base de la formación académica y curricular de las ciencias exactas y las ingenierías, haciendo evidente la necesidad de planear, aprender y enseñar mediante un conjunto de herramientas que le permitan, a la comunidad académica, retroalimentar el trabajo en aula.

La actualización del sistema educativo en general con miras a aumentar la calidad educativa, no solo se debe centrar en el desarrollo cognitivo de los estudiantes sino que debe incluir

nuevas dinámicas en la generación de conocimiento como la inclusión de las TIC en el aula para representar el contexto. Un caso particular de la incorporación de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje son los videojuegos educativos. Numerosos autores reportan el desarrollo de habilidades sociales y cognitivas (de Freitas & Oliver, 2006), así como de capacidades de aplicación de estas frente a situaciones reales. Los videojuegos son diseñados para proporcionar un contexto de entretenimiento con el cual se busca motivar y entretener a los estudiantes; igualmente, son una subcategoría de los videojuegos, cuya finalidad va más allá del entretenimiento y pueden servir para estimular el aprendizaje de los usuarios (Michael & Chen, 2006).

El objetivo de los juegos serios en el contexto educativo es enseñar algún contenido relacionado con el currículo escolar, además de mantener la motivación de los estudiantes, utilizando el componente de la diversión como enlace en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Gros Salvat , 2009). Por lo tanto, los videojuegos podrían tener aplicación en la enseñanza de la física cinemática, convirtiéndose en un punto de convergencia del pensamiento pedagógico contemporáneo y las nuevas tecnologías de la comunicación (Gros Salvat , 2009). En el campo de la física existen varios modelos de juegos serios propuestos para el aprendizaje de conceptos y la aplicación de las nuevas tecnologías. Algunos autores (Muñoz et al, 2009) exploran la creación de un juego de física educativa diseñado 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.

Finalmente, Mohanty & Cantu (2017) discuten el grado de inmersión de los jugadores en algunos videojuegos de Playstation-3 (PS3) usados para enseñar física a estudiantes de pregrado. Los videojuegos analizados utilizaron sofisticadas simulaciones de física para crear conceptos relacionados con la dinámica newtoniana, introducción a la cinemática, física experimental y física aplicada al mundo real. 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 cual se hace necesario el diseño de un modelo que incluya una serie de etapas para mejorar la visualización de los fenómenos físicos lo que conlleva una evaluación dentro del juego y, posiblemente, nuevos problemas a resolver durante la retroalimentación del diseño.

El estudio de la implementación de juegos serios ha motivado el diseño de diferentes metodologías que podrían ser adaptados para el diseño de videojuegos educativos específicos. En los últimos años, variados prototipos de juegos han buscado reunir una base teórica para su diseño, incluyendo la implementación y prueba de los resultados obtenidos a partir de su implementación; los modelos referenciados para esta investigación se resumen en la tabla 1. Allí se puede observar que muchos de estos modelos requieren establecer una unión entre las estrategias pedagógica y el diseño del juego, aunque la posterior implementación del prototipo ha conducido a un cambio en la evaluación y el diseño del modelo de aprendizaje. En el caso específico de juegos serios para el aprendizaje de la física, algunos de estos exploran la creación de un esquema de juego diseñado para involucrar al estudiante mientras juega y aprende, además de proporcionar métodos de evaluación de los resultados registrados (Ver Tabla 1).

De acuerdo con lo anterior, se concluye que un juego serio es un ejercicio recreativo basado en escenarios reales, donde se asume un rol en el mundo real o virtual, para obtener un aprendizaje, dirigido a una gran variedad de público. A pesar de lo anterior, existe un desafío al diseñar y construir juegos serios adecuados para las necesidades de los sistemas curriculares, un debate significativo entre diseñadores de juegos y diseñadores pedagógicos se centra en el establecimiento del papel exacto de la pedagogía. Mientras diversos autores han argumentado en su trabajo que la pedagogía debe ser un aspecto central del diseño del juego serio, por ejemplo, (de Freitas & Neumann, 2009)), otros argumentan que la pedagogía debe ser subordinada a la historia y que el componente de entretenimiento viene primero (Zyda, 2005). Conseguir un equilibrio entre las exigencias de un buen diseño de juego con los requisitos para medir y mostrar resultados de aprendizaje ha impulsado gran parte del trabajo conceptual en el campo. Este artículo presenta, como aporte, el diseño de modelo para la construcción de juegos serios aplicados a la enseñanza-aprendizaje de la física cinemática en educación media.

Tabla 1. Principales características de algunos modelos utilizados para la implementación de juegos serios

MODELO	CARACTERÍSTICAS
Modelo Centrado en la Evidencia (Mislevy, Almond , & Lukas, 2003)	Se basa en la implementación de tres modelos relacionados entre sí: modelo de contenido, modelo de evidencia y modelo de tareas.
Marco cuantitativo (4DF) (de Freitas & Liarokapis, Serious games: a new paradigm for education?, 2011)	Se establecen cuatro dimensiones para la implementación de un juego serio, dentro las cuales se encuentran el contexto del aprendizaje, las particularidades del alumno, la representación del juego y las pedagogías adoptadas
El modelo exploratorio de aprendizaje (ELM) (de Freitas & Neumann, 2009)	La interacción social se convierte en el centro de procesos de aprendizaje más interactivos y atractivos
Modelo enfocado a la estructura del juego (Savúé, Renaud, Kaufman, & Marquis, 2007)	Se diferencian dos partes esenciales: la estructura del juego y los contenidos, en esta propuesta la estructura se puede mantener fija y los contenidos se adaptan a esta.
Aprendizaje basado en el juego (Staalduinen & de Freitas, 2011)	Reúne una serie de marcos y modelos de aprendizaje diferentes, incluyendo el modelo 4DF y un modelo de motivación del juego

Hipótesis

La realización de esta investigación pretende identificar las características de los videojuegos serios que permitan determinar los principales elementos del proceso de enseñanza de conceptos en la física cinemática, y con base en estas características proponer un modelo a utilizar para definir un proceso de diseño y construcción de un juego serio basado en el aprendizaje de esta área. El objetivo principal de esta propuesta es definir un posible diseño de contenidos educativos, enmarcados en un modelo que permita implementar un prototipo de videojuego serio, orientado a la enseñanza de la física cinemática, manteniendo la motivación de los usuarios (estudiantes), mediante el establecimiento de un enlace entre la diversión y el proceso de enseñanza-aprendizaje.

2. Materiales y métodos

Identificadas las diversas propuestas pedagógicas y tecnológicas existentes relacionadas con los videojuegos educativos en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física cinemática, se seleccionaron las características principales que llevaron a diseñar un modelo apropiado para el avance del conocimiento. Posteriormente, se identificaron los elementos fundamentales de un modelo pedagógico basado en videojuegos educativos asignándose los objetivos de conocimiento, roles, tareas, trabajo en grupo y escenarios a cada una de las evidencias encontradas en el ejercicio de caracterización. Definido el modelo a utilizar se diseñó un prototipo de juego serio para el contexto educativo con objetivos centrados en el desarrollo conceptual de la física cinemática, como herramienta que permitirá deter-

minar los aspectos más importantes de los diferentes procesos de enseñanza-aprendizaje. La implementación de este juego fue diseñada para estudiantes de 13 a 15 años en el entorno de modelo blender. 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 en 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. En la siguiente etapa, denominada validación, se contó con el apoyo de profesionales de las áreas de la física, la informática y la pedagogía, lo cual permitió diseñar métricas que contribuyeran verificar el cumplimiento de las competencias asociadas con cada reto del juego serio. Finalmente, en la etapa de evaluación del juego serio se utilizó la técnica de Focus Group, la cual estuvo dirigida al cumplimiento de las heurísticas de Nielsen (Nielsen & Mack, 1994) y las heurísticas para videojuegos (Pinelle et al, 2008).

3. Resultados

El propósito principal del diseño del modelo propuesto 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 discutidos en la tabla 1 que proponen un esquema básico de construcción de un juego serio. El primer modelo denominado marco cuantitativo (de Freitas & Oliver, 2006) establece cuatro dimensiones para la implementación, dentro las cuales se encuentran el contexto del aprendizaje, las particularidades

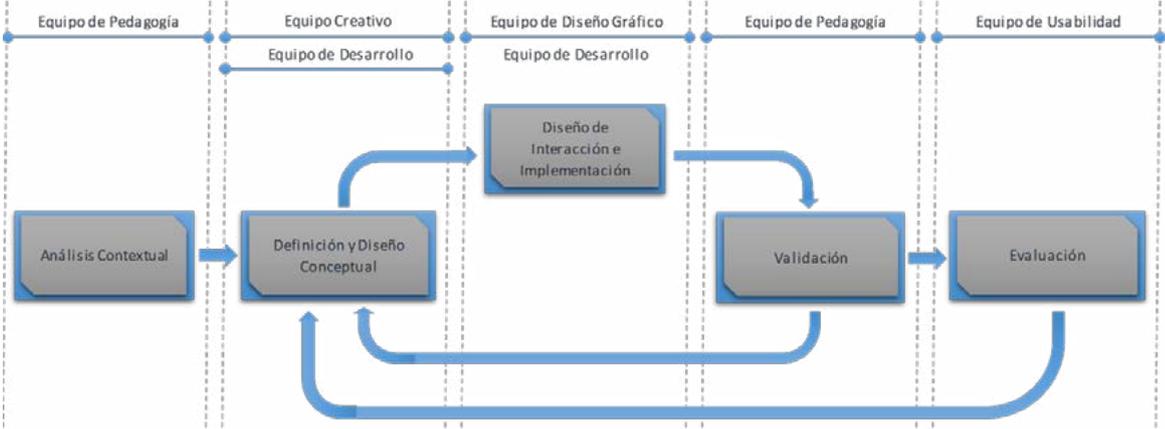
del alumno, la representación del juego y las pedagogías adoptadas. Otro aspecto importante a tener en cuenta se propone dentro del modelo exploratorio de aprendizaje (de Freitas y Neumann, 2009), donde la interacción social se convierte en el centro de procesos de aprendizaje más interactivos; por otro lado, con respecto al desarrollo de la motivación del juego, se pueden establecer algunas actividades lúdicas que faciliten el proceso de aprendizaje (Staalduinen & 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, Clarke-Midura, Owen, & Rosenheck, 2015).

Así, el modelo diseñado recoge cinco aspectos comunes de los modelos anteriores: contexto, definición y diseño conceptual, diseño de interacción e implementación, validación y evaluación (ver figura 1). Para la implementación se contará con cinco equipos de trabajo, encargados de los aspectos pedagógicos, creativos, de diseño gráfico, desarrollo y usabilidad.

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 consideraron los atributos del alumno particular o del grupo de estudiantes, incluyendo la edad y el nivel del grupo. En esta fase se especificaron los componentes de aprendizaje, además de antecedentes, estilos y preferencias, lo cual permitió definir los elementos en el diseño de los retos y actividades lúdicas.

Figura 1. Modelo propuesto para juegos serios



La tercera etapa se centró en el diseño e implementación del juego. En este contexto, este aspecto se refiere al modo de presentación, la interactividad, los niveles de inmersión y fidelidad; posteriormente, en la cuarta etapa, denominada validación, se contrastó a partir de los resultados de pruebas obtenidos y 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 analizaron 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 (Freitas & Liarakapis 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 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.

Dimensión pedagógica

El modelo diseñado y presentado en la sección anterior, tiene asociada una dimensión pedagógica, la cual es transversal al modelo. Esta dimensión es presentada de manera secuencial y se centra en el establecimiento de los aspectos conceptuales importantes en el proceso de enseñanza aprendizaje de la física cinemática (figura 2).

De este modo las diferentes etapas de la dimensión pedagógica permitieron identificar un conjunto de elementos

pedagógicos para el establecimiento de un objetivo de aprendizaje en el juego serio.

Figura 2. Esquema secuencial del modelo propuesto para el desarrollo de un juego serio enfocado a física cinemática



En la figura 3, se ilustran el esquema pedagógico utilizado para el estudio de la física cinemática. En este marco conceptual, se parte del aprendizaje de los conceptos de reposo y de movimiento, los cuales podrían depender del sistema de

referencia. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el movimiento relativo puede resultar complejo para estudiantes de educación media. Por otro lado, asociados al estado del objeto, los conceptos de desplazamiento, velocidad y aceleración constituyen la estructura fundamental en el desarrollo de la física. En este esquema, además, se evidencian inconvenientes en la asociación de conceptos físicos y su correspondiente lenguaje matemático. Este caso se presenta, por ejemplo, al tratar de abordar el concepto de velocidad instantánea, debido a las implicaciones de conocimientos previos del cálculo diferencial.

Además de estos conceptos generales y su simplificación en el lenguaje matemático a través de ecuaciones sencillas, es importante abordar tanto su representación escalar como el carácter vectorial. Análogamente, es necesario definir el tipo de trayectoria del objeto y las características de los diferentes movimientos relacionados con la particularidad del problema. En el esquema, no necesariamente debe seguirse un nivel jerárquico, el hecho de que algunos de ellos aparezcan en un mismo nivel no presupone ninguna secuencia organizativa (Novak & Gowin, 1984).

En esta propuesta se establece un objetivo que servirá de ejemplo para mostrar la implementación del modelo pedagógico planteado (ver figura 4). En este esquema, cada concepto relacionado con el área de conocimiento de la física cinemática se organiza de acuerdo con los objetivos, actividades y tareas.

Figura 3. Esquema pedagógico del modelo propuesto para el desarrollo de un juego serio, adaptado de (García et al, 1995).

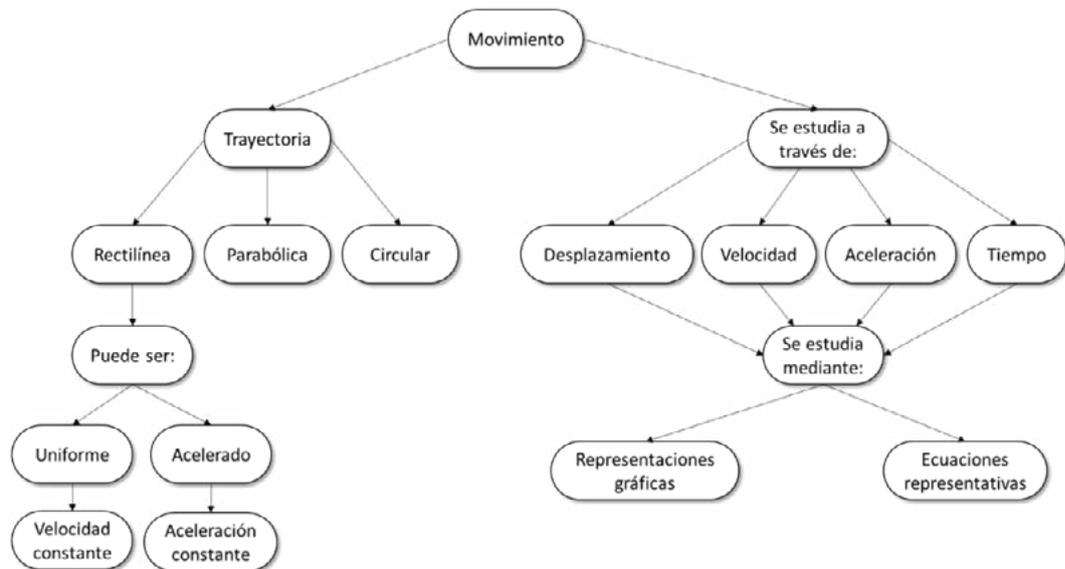
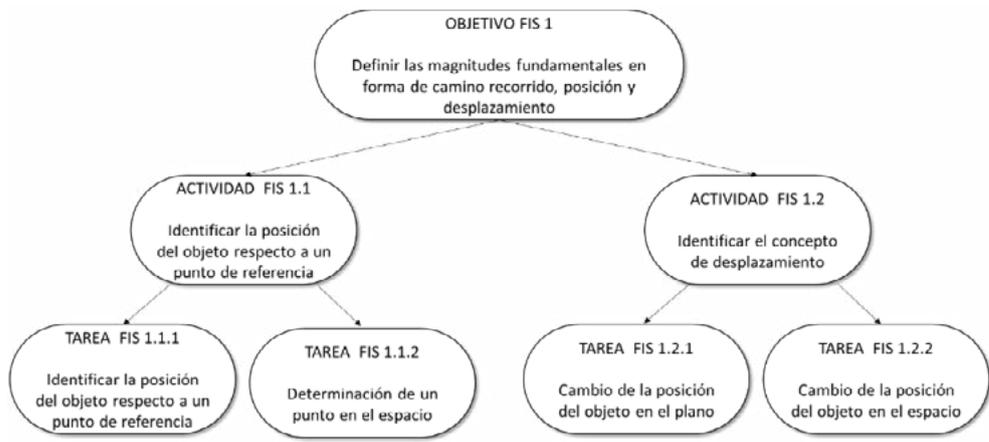


Figura 4. Fragmento del planteamiento de uno de los objetivos enmarcados en el modelo pedagógico propuesto para el desarrollo del juego serio



El objetivo define el contenido educativo relacionado con el conocimiento que se desea obtener por medio del cumplimiento de una serie de actividades. El establecimiento del objetivo educativo a estudiar incluye la información del logro a alcanzar y de las relaciones con otros objetivos y con las actividades. Se asignó un identificador al objetivo y se establecieron una serie de actividades que especifican el contenido que se va a aprender al superarlo, además, para alcanzar las actividades se deben establecer un conjunto de tareas, las cuales estarán relacionadas con el diseño de las actividades lúdicas del sistema propuesto.

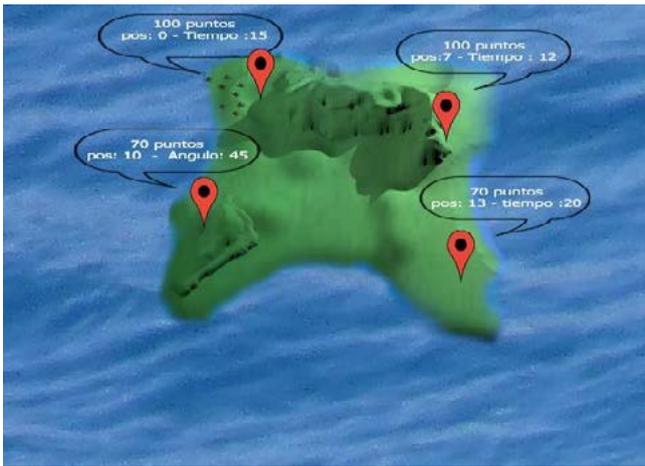
Instanciación del modelo

En esta sección se presenta la instanciación del modelo pedagógico propuesto en un prototipo software para el apoyo a los conceptos de cinemática. Este prototipo sirvió de base para realizar una primera aproximación al modelo presentado en la sección anterior. Los diferentes retos del juego serio fueron implementados mediante la herramienta libre Blender, la cual permitió el modelado, animación y creación de gráficos tridimensionales. En el prototipo de diseño de cada nivel del juego se sugirió a los desarrolladores el uso de elementos gráficos siguiendo el modelo mental del usuario.

Dentro de la historia del juego construido, es importante mencionar que el prototipo se denomina kinematics 1.0, juego serio relacionado con el aprendizaje de la cinemática. En este artículo se presenta la implementación del primer nivel del juego, correspondiente al entendimiento de los conceptos de posición y desplazamiento. En este prototipo, 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 Kinematic (figura 5). Los guardianes de la base son

una especies experimentales creadas por el doctor Guerra, investigador que busca sembrar el terror, creando un ejército para esclavizar a la raza humana; el personaje principal deberá completar una serie de misiones, convirtiendo las criaturas a su estado natural, ideando además una forma de inactivar el laboratorio de Nitro sin comprometer la biodiversidad de la isla y capturar al doctor Guerra. Los retos diseñados contendrán escenarios de aventura, estrategia y táctica.

Figura 5. Escenario de la Aventura, Isla Kinematic.



En cuanto a los retos relacionados con el objetivo educativo, las escenas correspondientes al reto se identificarán como RETO-FIS01. En la primera escena se describe la historia del doctor Guerra y las indicaciones para determinar la ubicación de la Isla kinematic, se asigna la tarea a un avatar de llegar a la Isla, cumplir una serie de tareas y encontrar la manera de devolverle al lugar la biodiversidad de su estado natural,

destruir el laboratorio Nitro y capturar al Doctor Guerra. En la segunda escena, se le muestran al usuario las opciones de crear su perfil, personalizar su avatar y controlar las opciones generales del juego. La tercera escena le indica al usuario un menú con las opciones de jugar, configurar, continuar, información de estado y salir del juego. La cuarta escena presenta el reto: "Encontrar la isla", cuyo desarrollo consistirá en ubicar en un plano la isla Kinematic, sorteando varios obstáculos que deberán ser esquivados a través de la utilización de conceptos de posición y desplazamiento.

Validación y evaluación del prototipo

Como medio de retroalimentación a las fases del modelo propuesto para la construcción de juegos serios, en esta sección se presenta la evaluación del prototipo desde las perspectivas pedagógica y tecnológica, de tal forma que el costo de la redefinición de los elementos deficientes sea menor que si las pruebas se realizarán únicamente al final.

De acuerdo a lo anterior, en 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 contribuyeron en la definición de métricas a tener en cuenta en el juego, las cuales permitieran verificar el cumplimiento de las competencias asociadas a los retos del juego serio. Dentro de las métricas consideradas para el juego serio se encuentran:

Tiempo por prueba: definida como el tiempo empleado por el usuario en superar adecuadamente cada reto provisto por el juego. En caso de que el jugador emplee varios intentos en superar una prueba, este valor corresponde al promedio de los tiempos.

Número de intentos: definida como el número de veces que el jugador requiere para superar adecuadamente cada reto del juego serio.

Puntos acumulados: 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: 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 6. Reto: Encontrar la isla Kinematic. Objetivo de aprendizaje: posición y desplazamiento, tema: cinemática, área de conocimiento: Física



En cuanto a la etapa de evaluación funcional del juego serio, se hizo uso de la técnica de Focus Group dirigida en torno al cumplimiento de los principios heurísticos de Nielsen y en torno

al cumplimiento de un conjunto de heurísticas para videojuegos, propuestas en (Pinelle, Wong, & Stach, 2008).

En cuanto al primer filtro desarrollado, correspondiente a la evaluación del prototipo mediante las heurísticas de Nielsen, usando la técnica de Focus Group, se obtuvo que los principios heurísticos de visibilidad del sistema, consistencia, estándares, ayuda y documentación fueron los menos usados. 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 los diferentes 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 dependiendo del reto.

En cuanto al segundo filtro, correspondiente a la evaluación del prototipo mediante heurísticas de los videojuegos, se obtuvo que las heurísticas de permitir la personalización de las configuraciones de audio y video, proporcionar asignaciones de entrada intuitivas y personalizables, proporcionar información a los jugadores sobre el estado del juego y proporcionar instrucciones, capacitación y ayuda, fueron los que más se incumplieron dentro del prototipo.

En cuanto a la heurística, consistente en permitir la personalización de las configuraciones de audio y video, los evaluadores manifestaron la necesidad de incluir esta funcionalidad dentro del juego, con el objetivo de hacerlo más personalizable a las necesidades multimedia. En lo que respecta a la heurística de proporcionar asignaciones de entrada intuitivas y personalizables, los evaluadores manifestaron la necesidad de utilizar en la me-

didada de lo posible teclas más genéricas y convencionales para los movimientos del usuario en el escenario. Con relación a la heurística de proporcionar información a los jugadores sobre el estado del juego, los evaluadores sugirieron incluir títulos en cada una de las vistas para orientar al usuario sobre el reto a superar. Del mismo modo, se sugirió la inclusión del puntaje y las vidas en la parte superior derecha de la pantalla. Finalmente, en lo que respecta a la heurística de proporcionar instrucciones, capacitación y ayuda, los evaluadores recomendaron incluir en pantalla el modo de interacción del usuario con el reto en cuestión, así como el manejo de ayuda contextual dependiendo del reto.

De acuerdo a lo anterior, existe cierta relación entre las heurísticas de Nielsen y las heurísticas para videojuegos consideradas (Pinelle, Wong, & Stach, 2008), siendo la configuración de teclas genéricas y la personalización de configuraciones de audio y video el factor diferenciador. La figura 7 presenta los cambios realizados a partir de los dos filtros de evaluación realizados.

Figura 7. Modificaciones realizadas utilizando los resultados obtenidos en la etapa de evaluación



4. Conclusiones

En el presente artículo se propuso el diseño de un modelo para la construcción de juegos serios en el contexto de la física cinemática, el cual involucra aspectos pedagógicos, aspectos de desarrollo y aspectos de evaluación desde la perspectiva de la usabilidad, los cuales se abordan en cinco fases. Este modelo pretende servir de referencia en cuanto a la construcción de juegos serios aplicados en diferentes contextos de aplicación.

El modelo propuesto 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 esté centrada en los objetivos del aprendizaje y en la interacción adecuada por parte del usuario.

El prototipo desarrollado como instancia del modelo pretende servir de apoyo para los docentes de física de educación media, en la medida en que permita propiciar la lúdica en el aprendizaje de conceptos que no resultan tan fáciles de apropiar por parte de los estudiantes.

La fase de evaluación de usabilidad realizada a los diferentes retos del juego serio, mediante las heurísticas de usabilidad de Nielsen y las heurísticas de los videojuegos, permitió contribuir al cumplimiento de los objetivos de eficacia, eficiencia y satisfacción por parte del usuario de acuerdo al estándar ISO 9241-11, lo cual facilita una retroalimentación que favorece el mejoramiento del producto software.

Como trabajo 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 inspección de usabilidad realizada.

Referencias bibliográficas

- de Freitas, S., & Liarokapis, F. (2011). Serious games: a new paradigm for education? *Serious games and edutainment applications*. Springer, London., 9-23.
- de Freitas, S., & Neumann, T. (2009). The use of 'exploratory learning' for supporting immersive learning in virtual environments. *Computers and Education*, 343- 352. .
- de Freitas, S., & Oliver, M. (2006). How can exploratory learning with games and simulations. *Computers & Education*, 249-264.
- García, J., Bueno, A., & Saura, O. (1995). Planificación de una unidad didáctica: el estudio del movimiento. *Investigación y experiencias didácticas*, 221-226.
- Groff, J., Clarke-Midura, J., Owen, E., & Rosenheck, E. (2015). Better Learning in Games. *Learning Games Network*, 6-20.
- Gros Salvat , B. (2009). Certezas e interrogantes acerca del uso. *Comunicación*, 251-264.
- Juuti, K., Lavonen, L., & 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*.
- Michael, D., & Chen, S. (2006). *Serious Games, Games that educate, train, and inform*. (T. c. PTR, Ed.) Boston: Thomson course technology PTR.
- Mislevy, R., Almond , R., & Lukas, J. (2003). A Brief Introduction to Evidence-centered Design. *RESEARCH REPORT*.
- Mohanty, S., & Cantu, S. (06 de 2017). <http://arxiv.org/pdf/1107.5298v1.pdf>. Obtenido de Teaching Introductory Undergraduate Physics Using Commercial Video Games: <http://arxiv.org/pdf/1107.5298v1.pdf>.

- Muñoz, K., Noguez, J., Robledo Rella, V., & Lunney, T. (2009). Adding features of educational games for Teaching Physics. *39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference* .
- Nilsen, J., & Mack, R. (1994). Usability Inspection Methods. *Proceeding Conference Companion on Human Factors in Computing Systems*, 413-441.
- Novak, J., & Gowin, B. (1984). Learning how to learn. *Cambridge University press*, 33-57.
- Pinelle, D., Wong, N., & Stach, T. (2008). Heuristic Evaluation for Games: Usability Principles for Video Game Design. *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1453-1462.
- Sauvé, L., Renaud, L., Kaufman, D., & Marquis, J. (2007). Distinguishing between games and simlations: A systematic review. *Journal of Educational Technology and Society*, 247-256.
- Staalduinen, J., & de Freitas, S. (2011). A game-based learning framework: Linking game design and learning outcomes. *Learning to Play: Exploring the Future of Education with Video Games*, 29-54.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 25-32.