



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

DISEÑO DE UN JUEGO SERIO COMO HERRAMIENTA DE APOYO PARA EL CURSO DE PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES

Guillermo León Carmona González, Helmuth Trefftz Gómez

Universidad EAFIT
Medellín, Colombia

Resumen

La dificultad para aplicar los conceptos teóricos en escenarios reales, poca experiencia, baja profundización en conocimientos y desmotivación en los estudiantes son algunos de los problemas que se pueden observar en algunos cursos de enseñanza superior. Una de las causas de este problema se debe en gran parte a los procesos de enseñanza-aprendizaje tradicional, donde predomina la teoría sobre la práctica.

Por otro lado, se puede observar una población cada vez más habituada a los videojuegos que dedica gran cantidad de tiempo a esta actividad, y además lo hace con mucha motivación. Los videojuegos ofrecen a los jugadores mundos virtuales donde son protagonistas y donde sus decisiones tienen efectos con retroalimentaciones inmediatas y libres de riesgos. Lo anterior ha generado un creciente interés por la aplicación de los videojuegos con objetivos de aprendizaje y que se ha denominado como juegos serios. La aplicación exitosa de los juegos serios se ha reportado en diferentes campos de conocimiento, pero especialmente en las áreas militares, sociales y de salud. Sin embargo, en temas de programación de operaciones no hay reportes de juegos serios.

Lo anterior motivó la exploración en el desarrollo, y evaluación del impacto, de un videojuego utilizado como herramienta académica para motivar al estudiante por el estudio de programación de operaciones y ofrecerle una herramienta donde pueda poner en práctica teorías vistas en clase.

Este trabajo presenta una descripción del juego serio en su versión alfa, las principales consideraciones que se tuvieron para su diseño, aspectos generales de la herramienta de desarrollo y la metodología utilizada para su desarrollo. También se presentan los resultados de una encuesta piloto de esta primera versión, que busca detectar mejoras del videojuego y evaluar la percepción de los estudiantes sobre el potencial uso del juego como herramienta académica y motivadora.

Palabras clave: juegos serios; programación de operaciones; programación de producción; herramienta académica

Abstract

The difficulty in applying theoretical concepts in real scenarios, little experience, knowledge and deepening low motivation in students, are some of the problems can be observed in some higher education courses. One cause of this problem is due, in large part, to the traditional teaching-learning process with a heavy emphasis of theory over practice.

On the other side, one can observe a population increasingly habituated to videogames who dedicate large amounts of time to this activity, and besides many do so with motivation. Video games provide players with risk-free virtual worlds where their decisions have effects with immediate feedback. This has generated a growing interest in the application of video games with learning objectives and has been called serious games. The successful application of serious games has been reported in different fields of knowledge, but especially in military areas, social and health. However, the best of our knowledge, operation scheduling issues no reports of serious games.

The above mentioned reasons explain our interest on the development, and impact evaluation of a video game used as academic tool to motivate the students for the study of operation scheduling while, at the same time, providing a tool in which they can implement theories covered in class.

This paper presents a description of the serious game in its alpha version, the main considerations taken when designing it, general aspects of the development tool and the methodology used for development. It also presents the results of a pilot of this first version, seeking game improvement and evaluating the students' perceptions about the potential use of games as academic and motivational tools.

Keywords: *serious games; operations scheduling; production scheduling; academic tool*

1. Introducción

La dificultad para aplicar los conceptos teóricos en escenarios reales, poca experiencia, baja profundización en conocimientos y desmotivación en los estudiantes, son algunos de los problemas que se pueden observar en cursos de enseñanza superior. Una de las causas de estos problemas se debe en gran parte a los procesos de enseñanza-aprendizaje tradicional, donde predomina la teoría sobre la práctica.

Precisamente estos son algunos de los problemas que se presentan en la asignatura control de operaciones, que imparte el departamento de Ingeniería de Producción de la Universidad EAFIT. Los estudiantes presentan dificultades para aplicar los conceptos teóricos, según observaciones empíricas del docente coordinador de esta asignatura. Así mismo, éste docente indica que una de las posibles causas de estas dificultades es la falta de laboratorios donde los estudiantes puedan poner en práctica, las teorías vistas en clase.

Por otro lado, se puede observar una población cada vez más habituada a los videojuegos: niños, jóvenes y adultos le dedican gran cantidad de tiempo a esta actividad, y además lo hacen con mucha motivación. Los videojuegos ofrecen a los jugadores mundos virtuales donde son protagonistas y donde sus decisiones tienen efectos con retroalimentaciones inmediatas y libres de riesgos (Salvat, 2009), (Sánchez et al., 2008). Esto ha generado un creciente interés por la aplicación de los videojuegos con objetivos de aprendizaje, lo que se ha denominado como juegos serios (Bergeron, 2006) y (Michael et al., 2006).

El término juego serio es definido por (Michael et al., 2006) como los juegos que tienen como objetivo principal la educación, entregar un mensaje, enseñar una lección o proveer una experiencia, antes que el entretenimiento. Debido a la diversidad de áreas y propósitos de los juegos serios se han propuesto diferentes clasificaciones. (Bergeron, 2006) clasifica los juegos serios en siete categorías: (1) con agenda, (2) periodísticos, (3) políticos, (4) realistas, (5) de competencias nucleares, (6) los reutilizados o COTS (comercial off-the-shelf) y (7) los modificados (mods). (Sawyer et al., 2008), clasifican los juegos en siete modalidades que corresponden a siete sectores (Gobiernos y ONG, Defensa, sistemas de salud, Marketing y comunicaciones, educación, empresas e industria). Los juegos serios buscan recrear situaciones reales o ficticias donde el jugador pueda experimentar con sus conocimientos sin temor a equivocarse. De esta forma, el jugador tiene un entorno donde poner en práctica sus conocimientos, evaluar diferentes soluciones y obtener retroalimentaciones más inmediatas (Salvat, 2009).

Cada vez son mayores los reportes sobre el uso exitoso en diversos campos de los juegos serios, especialmente en el campo militar, social y de la salud (Bergeron, 2006). En el campo de administración de operaciones se pueden encontrar numerosas experiencias sobre el uso herramientas computacionales que apoyan diversos cursos. También se pueden encontrar reportes sobre el impacto del uso de juegos basados en simulaciones digitales en cursos de logística y cadena de abastecimiento se pueden encontrar en (Haartveit et al., 2003) y en (Chang et al., 2009). En la revisión de la literatura realizada no se encontraron reportes en área de programación y control de operaciones.

Lo anterior motivó que en el año 2012, se iniciara la exploración en el desarrollo y evaluación del impacto de un videojuego utilizado como herramienta académica en la asignatura control de producción, que imparte el Departamento de Ingeniería de Producción de la Universidad EAFIT. Con el desarrollo de este videojuego se busca motivar al estudiante por el estudio de programación de operaciones y ofrecerle una herramienta donde pueda poner en práctica teorías vistas en clase. Este proyecto se comenzó presentando la propuesta, unos prototipos iniciales, acompañado de una versión preliminar del videojuego (Carmona et al., 2012).

En este trabajo se presenta una descripción del juego serio en su versión alfa, las principales consideraciones que se tuvieron para su diseño, aspectos generales de la herramienta de desarrollo, la metodología utilizada, los resultados de una encuesta sobre esta primera versión del juego, para detectar el cumplimiento en las principales características de un videojuego, mejoras y obtener una primera percepción de los estudiantes sobre la viabilidad del uso del juego como herramienta académica.

2. Metodología

La investigación es de tipo cualitativa. Para el diseño y desarrollo del videojuego se trabajó sobre un plan de acción, que se elaboró mediante un documento de diseño de juegos serios “*SGDD – serious game design document*” propuesto por (Bergeron, 2006). En general, un SGDD puede contener las siguientes secciones: resumen, especificación de requisitos, arquitectura técnica, diseño del juego, programación, adquisición de activos y desarrollo, capacitación y depuración, despliegue, mantenimiento y solución de problemas, administración del proyecto y aspectos legales (Bergeron, 2006).

Inicialmente, con el profesor coordinador de la materia, se especificaron los objetivos de aprendizaje y la situación problema a recrear. Los objetivos de aprendizaje definidos fueron motivar el aprendizaje de la programación de operaciones y recrear una situación empresarial en el que el estudiante puede poner en práctica tres estrategias de programación de operaciones: minimizar tardanza, minimizar trabajos tardíos y

minimizar trabajos tardíos con peso de ponderación. La programación de operaciones consiste en tomar un conjunto de trabajos que tienen pendientes la realización de operaciones en una o varias máquinas, seleccionar y dar un orden teniendo en cuenta restricciones y tiempos deseados.

Para el diseño del juego se tuvieron en cuenta factores que han sido identificados por diversos autores como clave para lograr juegos serios efectivos. Uno de los factores más importantes es la motivación, con la cual se determinan otros factores significativos: la diversión (Michael et al, 2006), desafíos acordes a habilidades del nivel de habilidades del jugador (Linehan et al, 2007), inmersión (Salvat, 2009), interactividad, dinámica visual, reglas, objetivos, riesgos y control y Objetivos de aprendizaje (Michael et al, 2006), (Sánchez et al., 2008), (Linehan et al, 2007), (Pivec et al, 2003). También se deben considerar las retroalimentaciones inmediatas, objetivos claros y desafíos acordes al nivel del jugador (Kiili, 2005).

Para la definición de requisitos y diseño del juego se desarrollaron prototipos en Microsoft Excel®. Una ventaja adicional de esta estrategia es que muchas de las imágenes creadas en el prototipo se utilizaron como recursos para la herramienta de desarrollo. Con base en estos prototipos se hicieron revisiones no formales con algunos estudiantes y dos profesores.

Como herramienta de desarrollo se utilizó el motor de juego GameMaker 8.1® versión gratuita. Los motores de juego o “game engine” son herramientas que permiten portabilidad en varias plataformas y facilitan el desarrollo de juegos, ya que simplifican la elaboración de código y se reutilizan rutinas. Los motores de juegos tienen varios subsistemas: motor gráfico 2D y 3D, sistema de colisiones, motor de física, control de entrada, sistema de red, sistema de scripts, sistema de audio, inteligencia artificial (Videojuegos, 2007) (Sánchez et al., 2008). El Gamemaker® es una herramienta creada por el profesor Mark Overmars y se puede obtener en la página web www.yoyogames.com. La herramienta fue seleccionada por tener abundante material en tutoriales (Overmars, 2009) (Enríquez et al., 2003) y recursos en internet.

3. Comparación con trabajos previos

En el ámbito de la administración de operaciones es posible encontrar numerosas experiencias sobre el uso de herramientas computacionales que apoyan cursos de administración de operaciones. Algunos de los juegos más conocidos son: The MIT Beer Game: el juego de la cerveza desarrollado en la escuela de negocios del Massachusetts Institute of Technology (MIT) para ilustrar algunos de los conceptos más importantes en la administración de una cadena de abastecimiento (The MIT Forum Supply Chain Innovation, 2009). Littlefield Technologies: es una simulación de un sistema de manufactura bajo pedido en el cual los jugadores deben tomar decisiones sobre capacidad de producción, compra de materiales y control de inventarios con el objetivo de maximizar las utilidades del sistema (Responsive Learning Technologies, 1996). The Supply Chain Game: el juego se enmarca en una cadena de abastecimiento en el sector automotriz. En el juego los estudiantes se dividen en equipos y cada equipo debe negociar contratos de abastecimiento y transporte de tal manera que se maximicen las utilidades (Alexopoulos et al, 2002).

Comparado el juego serio con los trabajos previos, las diferencias principales radican en el tema, tipo de aplicación y la plataforma de trabajo. Los anteriores trabajos se enfocan en apoyar los temas de administración de operaciones y logística; son aplicaciones más orientadas hacia la simulación que se encuentran generalmente para plataforma web y son desarrollados en java. Las interacciones con los usuarios normalmente mediante interfaces textuales y objetos estáticos. El presente trabajo es una herramienta académica elaborada para apoyar los temas de programación o secuenciación de operaciones,

el tipo de aplicación es de videojuegos desarrollada con Gamemaker® para ambiente Windows. En los videojuegos se da mayor relevancia a la interacción del usuario mediante objetos dinámicos que reflejan de una forma más rica el mundo real. En este juego se recrea un taller mecánico en el que se debe dar un orden de despacho a los autos que llegan diariamente en la mañana para que sean reparados durante el día. El orden de despachos se debe realizar de acuerdo a la política de despachos de la sucursal seleccionada.

3. Resultados



Figura 1. Prototipos realizados en Microsoft Excel®

Para el desarrollo del videojuego, se hizo uso intensivo de prototipos realizados en Microsoft Excel®. Estos prototipos evolucionaban (ver figura 1) con las retroalimentaciones informales que realizaban los docentes y algunos estudiantes. Con esta estrategia se buscaba participación del estudiante y del docente en el diseño del videojuego. Con base en los prototipos y el documento SGDD se desarrolló el videojuego. En la figura 2, se pueden apreciar algunas de las pantallas principales del juego.



Figura 2. Pantallas videojuego: selección sucursal, despachos sucursal, reportes desempeño

4. Evaluación del juego serio y análisis

Para mejorar el juego serio y evaluar el potencial del videojuego como herramienta académica se realizó una encuesta a un grupo de 9 estudiantes de diferentes semestres de Ingeniería de Producción que no habían tratado los temas de programación de operaciones y que son potenciales estudiantes de la asignatura control de operaciones, donde se tratan estos temas.

La encuesta se realizó para valorar el cumplimiento del videojuego en cuanto a aspectos considerados como importantes y que deben estar presentes en los juego serios, como son: la motivación, la diversión, objetivos de aprendizaje, facilidad de uso, facilidad de aprendizaje, ayudas, nivel de dificultad, gráficos y

sonidos atractivos, y velocidad de juego. También se evaluó la percepción sobre la utilidad del videojuego como herramienta académica para motivar el estudio de la programación de operaciones. Para la encuesta se diseñaron las afirmaciones valoradas en una escala ordinal de Likert (Rave, 2005), de la siguiente forma: totalmente en desacuerdo (TD), en desacuerdo (ED), ni de acuerdo ni en desacuerdo (NI), de acuerdo (DA), totalmente de acuerdo (TA).

La valoración en cuanto al cumplimiento en factores clave (ver figura 3) fue altamente satisfactoria, pues el 90.1% estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo en el cumplimiento de estos aspectos. La valoración en cuanto al uso potencial de videojuego como herramienta académica fue satisfactoria un 90.1%. Sin embargo, el 2.8% está en desacuerdo en que el videojuego presenta un propósito y una información clara; y el 6.5% no está de acuerdo ni en desacuerdo en cuanto a que el juego es entretenido, fácil de usar, con propósito claro, y con gráficos entretenidos.

Ante la afirmación “El videojuego Reparautos puede ser una herramienta académica útil para motivar al estudio de la programación de operaciones”, los estudiantes la valoran en 100%, de los cuales el 44% están de acuerdo y el 56% está totalmente de acuerdo. Esta valoración muestra una alta aceptación de este tipo de propuestas en el aula de clase.

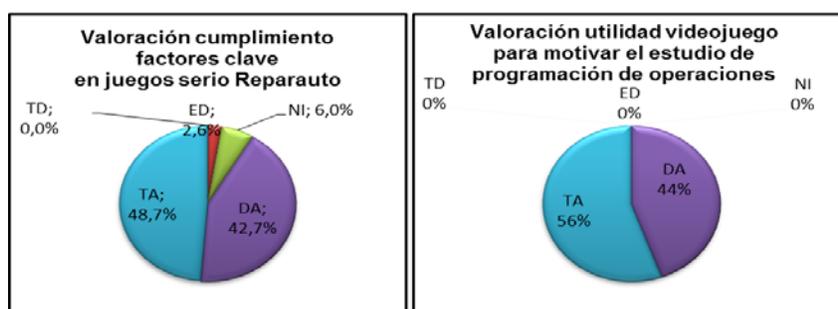


Figura 3. Valoración cumplimiento factores clave.

Algunos comentarios no cualitativos que hicieron los estudiantes en la encuesta en cuanto a mejoras fueron: no presentar textos muy extensos, más interactividad, que los personajes no cambien de humor tan rápido, solicitar y usar el nombre del jugador, más sonidos, variar la música de fondo, presentar las metas de desempeño para no ser despedido, agregar animación.

Los resultados obtenidos indican que se han cumplido con un porcentaje bastante satisfactorio con los aspectos clave que se deben considerar en los juegos serios. Sin embargo, es importante, mejorar la claridad del propósito del juego y la claridad y extensión de los textos de ayuda. También deben considerarse los comentarios de mejora expresado por los estudiantes. Actualmente se están implementando estas mejoras al videojuego, para obtener la versión final que se implementará en el aula de clase y donde se evaluará el impacto en cuanto a la motivación y la utilidad de la herramienta para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

6. Conclusiones y trabajos futuros

Para la construcción del videojuego se tuvieron en cuenta muchos de los aspectos clave que recomiendan en la literatura para los juegos serios, como: motivación, diversión, desafíos adecuados, inmersión, interactividad, dinámica visual, objetivos de aprendizaje claros. El impacto de estos aspectos se evidencia en

la encuesta en cuanto a la valoración en el cumplimiento de estos factores clave que fue altamente satisfactoria, con una valoración del 90.1%.

La estrategia de prototipos para determinar los requisitos y aspectos de diseño fue altamente eficiente y efectiva. Esto se debe a que el videojuego contiene muchos elementos de diseño, elementos visuales y de interacción que se pueden modelar fácilmente en los prototipos.

En la elaboración de los prototipos y las versiones preliminares del videojuego se ha involucrado la participación de estudiantes y docentes para que realicen sugerencias de requisitos y diseño, lo que ha contribuido en el logro de un mejor videojuego.

La utilización del motor de juegos facilita el desarrollo de videojuegos, ya que al incluir el motor gráfico 2D y 3D, el sistema de colisiones, y otros subsistemas, se evita el desarrollo de subrutinas que serían complejas de desarrollar y que demandaría un tiempo considerable. El uso del GameMaker® agilizó el proceso de desarrollo, lo que permitió una mayor concentración en los aspectos concernientes a las características que deben ser consideradas en los juegos serios.

Con base en los resultados y análisis de la encuesta se desarrollará la versión final del juego serio. Con la versión final, se procederá a implementar y evaluar en clase su impacto.

7. Referencias

- Alexopoulos, & McGinnis. (2002). The Supply Change Gameo Title. Retrieved from http://factory.isye.gatech.edu/research/supply_chain_game.php
- Bergeron, B. (2006). *Developing Serious Games*. *Journal of Magnetic Resonance Imaging* (Vol. 34, p. 480). Charles River Media, Inc.
- Carmona, G., & Trefftz, H. (2012). Propuesta de un juego serio de apoyo al curso de programación de producción. *laccei.org*, 1–9.
- Chang, Y.-C., Chen, W.-C., Yang, Y.-N., & Chao, H.-C. (2009). A flexible web-based simulation game for production and logistics management courses. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 17(7), 1241–1253. doi:10.1016/j.simpat.2009.04.009
- Enríquez, J., García, C. A., Rojas, G., Rodríguez, I., & Espinoza, R. (2003). Diseñando juegos con el Game Maker, 0.
- Haartveit, E., & Fjeld, D. (2003). The wood supply game-A logistics flight simulator for the forest sector. *Juga, J (ed)*, 1–14.
- Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *The Internet and Higher Education*, 8(1), 13–24. doi:10.1016/j.iheduc.2004.12.001
- Michael, D. R., & Chen, S. (2006). *Serious games: Games that educate, train, and inform*. *Education* (p. 324). Muska & Lipman/Premier-Trade.
- Overmars, M. (2009). Designing games with game maker. Retrieved from http://extras.springer.com/2006/978-1-4302-0159-5/Documents/Game_Maker.pdf
- Rave, B. O. (2005). La escala de Likert en la valoración de los conocimientos y las actitudes de los profesionales de enfermería en el cuidado de la salud. Antioquia, 2003; *Nursing. Invest. educ. ...*, 23(1), 14–29.
- Responsive Learning Technologies. (1996). Littlefield Technologies.

- Salvat, B. G. (2009). Certezas e interrogantes acerca del uso de los videojuegos para el aprendizaje, *1*, 251–264.
- Sánchez, J. L. G., Zea, N. P., Gutiérrez, F. L., & Cabrera, M. J. (2008). De la Usabilidad a la Jugabilidad : Diseño de Videojuegos Centrado en el Jugador 2 Usabilidad en Videojuegos y Sistemas Interactivos de Ocio. *Proceedings of INTERACCION* (pp. 99–109). Proceedings of INTERACCION (2008): 99-109.
- Sawyer, B., & Smith, P. (2008). Serious games taxonomy. *Slides from the Serious Games Summit at the Game Developers Conference*.
- The MIT Forum Supply Chain Innovation. (2009). The MIT Beer Game. Retrieved from <http://beergame.mit.edu/>
- Videojuegos, D. De. (2007). Desarrollo de Videojuegos. *Inteligencia Artificial*.

Sobre los autores

- **Guillermo León Carmona González:** Ingeniero de Sistemas. Estudiante de Maestría. Docente de tiempo completo Universidad EAFIT. gcarmona@eafit.edu.co
- **Helmuth Trefftz Gómez:** Ph.D. Jefe, Departamento de Informática y Sistemas, Universidad EAFIT. htrefftz@eafit.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)