

Evaluación de la aplicación de un juego serio para la mejora de la motivación en el aprendizaje de los sistemas automáticos en edificios inteligentes

Daniel Sánchez Morillo*

*Departamento de Ingeniería en Automática, Electrónica y Arquitectura y Redes de Computadores, Escuela Superior de Ingeniería
daniel.morillo@uca.es

RESUMEN: En la actualidad, los juegos serios experimentan un auge creciente, con áreas de aplicación que se extienden desde la educación a los sectores militar, sanitario, y empresarial entre otros. El aprendizaje basado en juegos tiene potencial para mejorar la educación y el rendimiento de los estudiantes de ingeniería potenciando la toma de decisiones, los mecanismos deductivos, la libertad de acción y el espíritu de competencia. El presente proyecto de innovación docente se enmarca en la búsqueda de alternativas para la docencia práctica en el campo de la domótica y la inmótica, que permitan al alumno el acceso y manipulación de una instalación domótica simulada en condiciones de hiper-realismo, y habiliten el trabajo en operaciones de optimización de la eficiencia energética, la seguridad y el confort. Se diseñaron y evaluaron sesiones prácticas sobre el control de un hogar virtual simulado con el software HOME I/O empleando distintas alternativas tecnológicas. Las sesiones de trabajo fueron evaluadas empleando cuestionarios de valoración del disfrute y el impacto sobre el aprendizaje. Los resultados obtenidos sugieren que el juego puede emplearse como estrategia de método instructivo y como herramienta de motivación para mejorar habilidades técnicas, lo que coincide con estrategias docentes similares propuestas recientemente.

PALABRAS CLAVE: proyecto, innovación, mejora, docente, juegos serios, domótica, simulador, OPC, autómatas programables, CODESYS, prácticas, laboratorio, IEC 61131-3.

INTRODUCCIÓN

Los videojuegos han constituido una valiosa herramienta de aprendizaje de conductas y actitudes, habilidades y destrezas, necesarias para un desempeño sociocultural eficaz (1). Dado que los videojuegos facilitan el aprendizaje de procesos complejos, sus beneficios asociados se han reorientado a los procesos educativos, de entrenamiento e información. Esta aplicación de los videojuegos a contextos alejados de la pura diversión ha dado lugar al término "juego serio". En la actualidad, los juegos serios experimentan un auge y popularidad crecientes, con áreas de aplicación que se extienden no sólo a la educación, sino a otros sectores como el militar, el sanitario y el empresarial entre otros (2).

El aprendizaje basado en juegos tiene potencial para mejorar la educación y el rendimiento de los estudiantes de ingeniería (3). Un estudio reciente ha revelado que los juegos serios contribuyen en gran medida a la mejora del aprendizaje recomendándose por tanto su uso para apoyar la enseñanza (4). La mecánica de juego puede emplearse para crear ambientes altamente inversivos e interactivos que seducen al usuario mejorando (2):

- a) el aprendizaje de contenidos relacionados con la ingeniería
- b) la toma de decisiones al disponer de una retroalimentación rápida, concreta y coherente
- c) los mecanismos hipotético/deductivos del alumno mediante el aprendizaje por descubrimiento
- d) la libertad de acción y el espíritu de competencia entre alumnos aumentando el grado de interés y su condición de receptores activos.

El trabajo presentado ha sido desarrollado bajo el proyecto de innovación docente "Aplicación de un juego serio para la mejora del rendimiento en el aprendizaje de los

sistemas automáticos en edificios inteligentes.", financiado por la Unidad de Innovación Docente de la Universidad de Cádiz. El estudio tiene como objetivo la aplicación de un juego serio hiperrealista (3D) para la mejora del rendimiento en el aprendizaje de sistemas domóticos.

La domótica hace referencia a la integración de las distintas tecnologías en el hogar (electricidad, electrónica, informática y telecomunicaciones). El objetivo fundamental es el de mejorar la seguridad, el confort, las comunicaciones y la eficiencia energética de la vivienda, facilitando el control integral de los sistemas por los usuarios (5). Cuando la automatización se refiere a edificios de usos más complejos (por ejemplo, uso terciario), se emplea el término inmótica en lugar de domótica.

Los sistemas domóticos e inmóticos pueden ser instalados tanto en edificios existentes como de nueva construcción. En la actualidad existe multitud de alternativas técnicas, esto es, productos y servicios domóticos e inmóticos, adaptados a cualquier topología de vivienda o edificio (viviendas particulares, oficinas, hoteles, hospitales, colegios, universidades, etc.). El conocimiento de las alternativas existentes es fundamental para una adecuada prescripción.

Las prácticas de laboratorio de sistemas automáticos en edificios inteligentes se realizan con el objetivo de proporcionar a los estudiantes una amplia visión de las tecnologías domóticas e inmóticas (sensores, actuadores, buses de comunicación, tecnologías estándar y propietarias, programación de autómatas, las aplicaciones de supervisión, control y adquisición de datos, etc.).

La complejidad de los escenarios reales dificulta la puesta en marcha de experiencias realistas en laboratorio por lo que los entornos docentes se equipan con paneles de prácticas con equipamiento diverso, generalmente modular. Es tal el caso

del Laboratorio E18 de Automatización y Domótica de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Cádiz.

El presente proyecto de innovación docente se enmarca en la búsqueda de alternativas para la docencia práctica en este campo, que permitan al alumno el acceso y manipulación de una instalación domótica simulada en condiciones de hiper-realismo, y habiliten el trabajo en operaciones de optimización de la eficiencia energética, la seguridad y el confort.

Se han diseñado y ejecutado sesiones prácticas sobre el control de un hogar virtual simulado con el software HOME I/O (Real Games) (6), que incluye todos los dispositivos habituales en una vivienda. Para ello se han empleado distintas alternativas tecnológicas: autómatas programables, bus europeo KNX y mediante un sistema de bajo coste basado en la plataforma libre *Arduino*.

Las sesiones de trabajo han sido evaluadas empleando cuestionarios destinados a valorar la medida del disfrute y el impacto sobre el aprendizaje de las estrategias que aplican la teoría de aprendizaje basado en juegos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El juego serio HOME I/O

HOME I/O es un software educativo 3D (6) que simula en tiempo real o acelerado una casa moderna y su entorno empleando tecnologías de video juegos (3D, gráficos, sonidos, física, etc.). El estudiante, actuando en primera persona y de forma inmersiva como en los juegos (*shooter* en primera persona), es capaz de descubrir, aprender y mejorar sus conocimientos en los campos de la tecnología y la ciencia (Figura 1). HOME I/O se utiliza en instituciones de educación superior en campos científicos y tecnológicos: automatización, informática industrial, redes, bases de datos, etc.

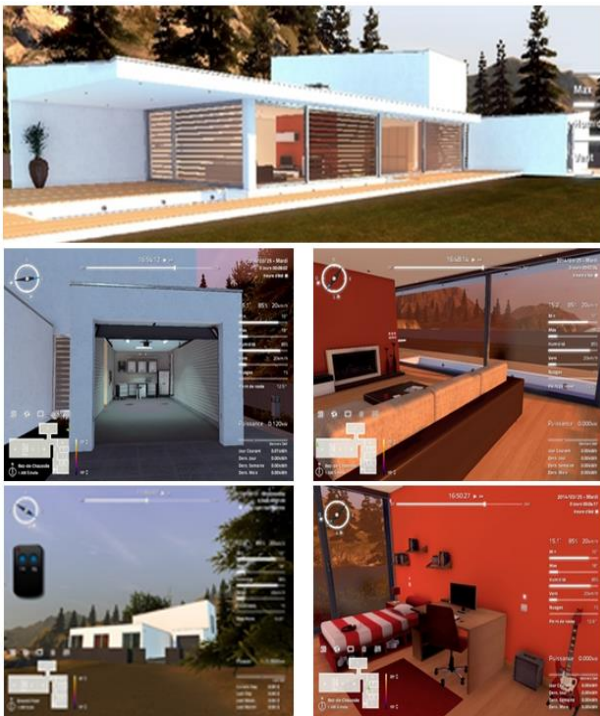


Figura 1. Escenas del juego serio HOME I/O de Real Games (2).

El entorno abierto de HOME I/O permite la conexión de más de 200 puntos (entradas y salidas) a prácticamente cualquier tecnología externa como autómatas programables, microcontroladores, Matlab, LabVIEW, etc. Esto lo convierte en una valiosa herramienta para la formación en varias áreas y disciplinas tales como Mecatrónica, Ingeniería Electrónica, Eléctrica e incluso la Arquitectura.

En el presente proyecto, el simulador se empleará de forma específica en el área de los sistemas automáticos en edificios inteligentes, la automatización y las redes de comunicaciones con énfasis en el aprendizaje en contextos como el consumo y la eficiencia energética, el confort, la arquitectura de viviendas y las redes de ordenadores.

Autómatas programables, KNX y plataforma Arduino

De entre todos los sistemas domóticos comercialmente disponibles, KNX (7) es el único estándar abierto mundial para el control de casas y edificios. La asociación KNX ha llegado a acuerdos de colaboración con más de 44.000 socios en más de 125 países de forma que se permite a cualquier fabricante integrar sus productos en el sistema. Además, es posible conectar la red KNX a otros sistemas mediante pasarelas que aseguran la interoperabilidad. Todos los elementos que participan en una instalación KNX utilizan un protocolo común de comunicaciones.

La conexión del bus KNX al simulador HOME I/O se realizó mediante los módulos de adquisición de datos Advantech USB 4704 y 4750, con la ayuda del controlador para Advantech incorporado en la aplicación auxiliar CONNECT I/O, proporcionada junto a HOME I/O para la gestionar las comunicaciones.

La conexión de los dispositivos Arduino UNO (plataforma basada en microcontrolador) se realizó empleando el driver *DaqUino* disponible para CONNECT I/O. Finalmente, la conexión de los autómatas programables Festo CECC-D al juego serio se realizó empleando comunicaciones OPC (Figura 2).

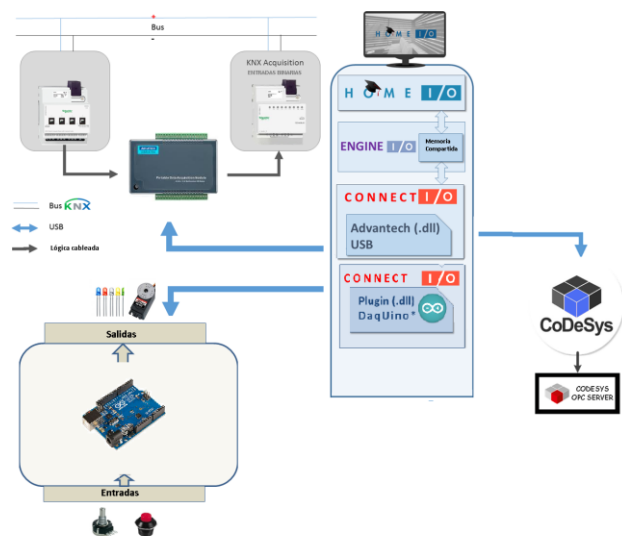


Figura 2. Conexión de juego serio Home I/O con la plataforma Arduino, el entorno de programación CODESYS (PLC software mediante comunicaciones OPC, y con el bus KNX.

PARTICIPANTES, MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS

Participantes y objetivo

Para esta investigación se empleó un método cuasi experimental. Participaron en el estudio quince sujetos seleccionados por su participación en la asignatura “Sistemas automáticos en edificios inteligentes”, enmarcada en cuarto curso del plan del Grado de Ingeniería en Electrónica Industrial de la Universidad de Cádiz. El estudio estuvo destinado a evaluar las experiencias de los usuarios sobre la facilidad percibida para completar las tareas propuestas y el placer o disfrute percibido al interactuar con la herramienta.

Materiales

Los materiales empleados fueron el juego serio HOME I/O y su aplicación auxiliar CONNECT I/O, autómatas programables Festo CECC-D y el entorno de programación CODESYS v3.5, plataformas Arduino UNO, paneles de prácticas para el aprendizaje de la técnica KNX, guiones de prácticas específicamente desarrollados para el estudio (Figura 3), y diversos cuestionarios de evaluación de la experiencia. Se utilizaron: a) el cuestionario validado IMI (*Intrinsic Motivation Inventory*) (8); b) dos cuestionarios de valoración de la mejora del ego y la auto conservación (9).

La duración del estudio fue de 8 horas repartidas en dos sesiones de 4 horas separadas por una semana. En cada sesión, los estudiantes, que trabajaron en parejas (Figura 4), debían completar los objetivos especificados en el enunciado facilitado para la sesión. Las tareas a completar propuestas fueron:

1. Control de la iluminación de una estancia
2. Control de persianas mediante
3. Gestión de alarmas técnicas
4. Generación de dos macros o escenas

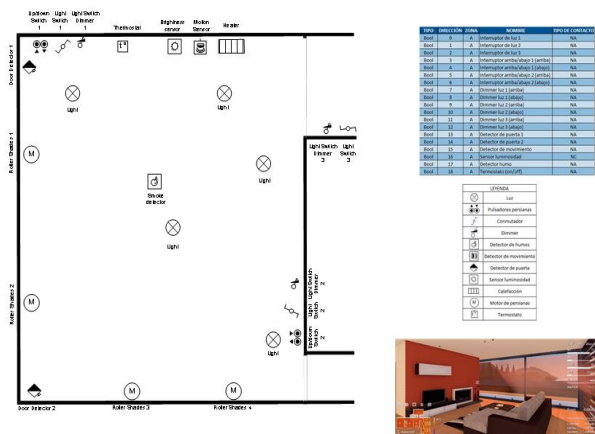


Figura 3. Ilustración de uno de los escenarios diseñados para una sesión práctica: automatización de la sala de estar de la vivienda digital.

Al finalizar la segunda sesión, se entregaron a los estudiantes los distintos cuestionarios para su cumplimentación en el laboratorio.

El cuestionario IMI, que contiene siete escalas, se empleó para evaluar la experiencia subjetiva de los participantes en

relación a la actividad propuesta para el control de la instalación virtual doméstica. Se utilizaron únicamente tres de las siete escalas disponibles: interés o disfrute, utilidad o valor percibido y competencia percibida.



Figura 4. Alumnos trabajando en el Laboratorio de Automatización y Domótica en la resolución de una de las tareas durante una sesión de trabajo.

Los dos cuestionarios auxiliares fueron desarrollados por Down and Sunder en 2011 (9). El cuestionario de valoración de la mejora del ego contiene 5-items y fue creado para medir la mejora del ego de los participantes después de practicar en una sesión de videojuegos. Se requirió a los participantes que indicaran el grado de acuerdo o desacuerdo sobre 5 cuestiones. El cuestionario de medida de las estrategias de auto conservación contiene 5 cuestiones que el participante debía valorar en relación a su participación en el equipo.

Se usaron estadísticos descriptivos para analizar los resultados.

RESULTADOS

Se empleó el procedimiento de cómputo del IMI, promediando cada sub-escala individualmente. La puntuación media para la sub-escala de interés fue de 6,3; para la escala de valor-utilidad fue de 6,0 y para la escala de competencia percibida de 5,2.

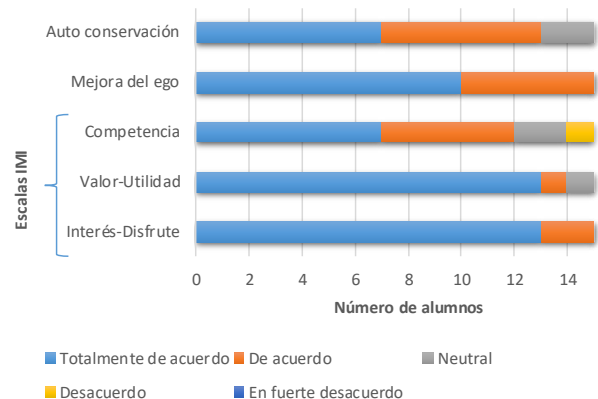


Figura 5. Resultados de la evaluación.

Finalmente se analizaron las respuestas dadas a las preguntas formuladas con carácter abierto.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De los resultados del estudio pueden derivarse conclusiones: a) que afectan al diseño del material educativo y b) relativas a la valoración de la experiencia por parte de los alumnos participantes.

En relación al material didáctico presentado a los alumnos, se encontró que, dada la naturaleza del simulador, la opción que técnicamente ofrece mayores posibilidades es la de emplear el estándar de comunicaciones OPC (Ole for Process Control) y un autómatas programable programado con el entorno CODESYS v3.5 para el control de los escenarios del juego. El empleo del estándar KNX para conectar con el juego presenta limitaciones en el número de entradas/salidas disponibles dadas las limitaciones que ofrece el juego para el protocolo Modbus. Igualmente, podría utilizarse el PLC software integrado en el juego, pero la programación podría completarse exclusivamente en lenguaje de diagrama de bloques de función. La opción consistente en emplear Arduino solo permitía un control parcial de la instalación debido a nuevo al nuevo número reducido de entradas y salidas disponibles en la plataforma basada en microcontrolador.

Por ello se optó por el uso de OPC, que permite conectar con cualquier fuente de datos y facilita el uso de un entorno abierto de programación como CODESYS. CODESYS además facilita la posibilidad de utilizar todos los lenguajes de programación definidos en el estándar IEC 61131-3 y cuenta con un simulador del funcionamiento de los programas realizados. Para este escenario se diseñaron 4 sesiones prácticas completas de gran valor educativo.

En cuanto a la valoración de la experiencia por parte de los alumnos, los resultados, mostrados en la Figura 5, sugieren que los participantes tuvieron una actitud muy positiva frente al juego serio como herramienta de aprendizaje de conceptos domóticos, y se encontró que el juego era una herramienta entretenida, fácil de usar y muy útil.

Las parejas de participantes que completaron los objetivos establecidos en las sesiones de trabajo mostraron valores altos en la escala de mejora del ego mientras que se obtuvieron valores mayores en la escala de auto conservación para aquellas parejas que no completaron las tareas propuestas. Los resultados fueron coherentes con los establecidos en el estudio de Downs y Sundar en 2011. En el primer caso, los estudiantes mejoraron su estima al asociar su rendimiento al de un equipo ganador. Lo contrario ocurrió en el segundo caso, revelando un mecanismo de protección del ego.

Las opiniones diversas y comentarios que los estudiantes proporcionaron en respuesta a las preguntas abiertas formuladas, sugieren que la mayoría de los participantes pensó que el juego era excitante y divertido pero que necesitaban más tiempo para alcanzar los objetivos dado que era la primera vez que se enfrentaban a un sistema como el evaluado. Muchos de los participantes manifestaron su opinión positiva acerca del valor de la herramienta como medio para la mejora de las habilidades y conocimientos en programación de dispositivos de control, el refuerzo de estrategias colaborativas y de trabajo en equipo y la competitividad.

Aunque un estudio futuro debería comparar la efectividad de la estrategia estableciendo un grupo de control y herramientas de valoración del aprendizaje, los resultados obtenidos en la pequeña muestra sujetos participantes,

sugieren que el juego puede emplearse como estrategia de método instructivo y como herramienta de motivación para mejorar ciertas habilidades técnicas de los estudiantes, lo que coincide con estrategias docentes similares recientemente propuestas (10-11).

REFERENCIAS

1. de Urbina Criado, M. O., Salgado, S. M., & Durán, C. D. L. C. Herramientas para el aprendizaje colaborativo: una aplicación práctica del juego de rol. *Education in the knowledge society (EKS)*, 2010, 11(3), 277-300.
2. García-Mundo, Lilia, et al. ¿ Contribuye el Uso de Juegos Serios a Mejorar el Aprendizaje en el Área de la Informática?. *Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (20es: 2014: Oviedo)*, 2014.
3. Ross, AM, Fitzgerald, ME, & Rhodes, DH. Game-based learning for systems engineering concepts. *Procedia Computer Science*. 2014, 28, 430-440.
4. Callaghan, M., & Cullen, M. Game Based Learning for Teaching Electrical and Electronic Engineering. In *Advances in Computer Science and its Applications*. Springer Berlin Heidelberg. 2014, 655-660.
5. Martín, J. C. Instalaciones domóticas. Editex. 2010, 8-9.
6. Simulación interactiva de una casa inteligentes. Real Games. <https://realgames.co/home-io/>. Último acceso el 17 de Septiembre de 2016.
7. Asociación KNX. <https://www.knx.org/>. Último acceso el 17 de Septiembre de 2016.
8. McAuley, E., Duncan, T., & Tammen, V. V. Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research quarterly for exercise and sport*. 1989, 60(1), 48-58.
9. Downs, E., & Sundar, S. S. . "We won" vs. "They lost": Exploring ego-enhancement and self-preservation tendencies in the context of video game play. *Entertainment Computing*. 2011, 1(2), 23-28.
10. Papastergiou, M. Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*. 2009, 52(1), 1-12.
11. Silva, E. D., Macedo, M., Teixeira, C., Lanzer, E., & Graziani, Á. P. Game-Based Learning: Analysis of Students' Motivation, Performance, and Drop Out in a Production Engineering Course. In *Advances in Human Factors, Business Management, Training and Education* . Springer International Publishing. 2017, 933-945

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido realizado financiado por la Unidad de Innovación Docente dependiente del Vicerrectorado de Recursos Docentes y de la Comunicación de la Universidad de Cádiz (ayuda No Sol-201500054355-tra).