

## **LOS JUEGOS COMPUTACIONALES Y LA DOCENCIA EN LA GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

Claudia Retamoso, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Colombia y Pontificia Universidad Católica de Chile, [cpretamoso@uc.cl](mailto:cpretamoso@uc.cl)

Rodrigo Fernando Herrera, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y Pontificia Universidad Católica de Chile, [rodrigo.herrera@pucv.cl](mailto:rodrigo.herrera@pucv.cl)

Claudio Mourgues, Pontificia Universidad Católica de Chile, [cmourgue@ing.puc.cl](mailto:cmourgue@ing.puc.cl)

### **RESUMEN**

En la enseñanza de ingeniería, existe una herramienta que permite mejorar los procesos de aprendizaje de los estudiantes, los juegos. Estas aplicaciones en el ámbito académico permiten interiorizar conceptos difíciles de ver en la realidad y fáciles de observar en esa secuencia lógica de instrucciones con el objetivo de competir, ya sean juegos computacionales o físicos. Su principal ventaja es partir de una experiencia de prueba y error y lograr abordar procesos que, ejecutados en la práctica laboral real, podría traer consecuencias para una persona o para la empresa. La ingeniería civil y específicamente la enseñanza de la industria de la construcción, no es un ambiente ajeno a la utilización de estas metodologías, ya que los procesos ejecutados en la práctica deben ser interiorizados por los estudiantes antes de llegar a aplicaciones en proyectos de ejecución de obras. En el contexto anterior, en este artículo se abordará una revisión del estado del arte de la aplicación de juegos computacionales en la enseñanza de los procesos de la gestión de la construcción. Se estudiaron distintas aplicaciones en la gestión de la construcción y, en la mayoría, se observó mejoramiento del proceso enseñanza – aprendizaje. Además, se evidenció que los retos motivan a los estudiantes a exigirse constantemente para mejorar y lograr los objetivos, obteniendo de esta forma un aprendizaje significativo.

**PALABRAS CLAVES:** juegos computacionales, gestión de la construcción, docencia

### **INTRODUCCIÓN**

Desde las escondidas hasta los videojuegos, las personas siempre han aprendido de estas experiencias lúdicas (Magnacca, 2013). Existen muchas definiciones de juego, entre otras se encuentra la que establece que es un sistema basado en reglas con un resultado variable y cuantificable, también se define como un concurso físico o mental que tiene reglas específicas, con el objetivo de divertir o recompensar a los jugadores (Hailey et al., 2013; Hwang et al., 2012; Arifin et al., 2014). Por otro lado, el juego computacional se define como una actividad artificialmente construida, competitiva con un objetivo específico, un conjunto de reglas y restricciones que se encuentra en un contexto específico (Arifin et al., 2014).

Ha existido la idea que el aprendizaje basado en el juego, para todas las edades, es la mejor herramienta para interiorizar los conceptos de cualquier asignatura (Grove et al., 2012). Adicionalmente, en un contexto general siempre se observa que es necesario un vínculo entre la teoría y la práctica, aunque existe mucha resistencia y la mayoría de los métodos empleados por los docentes en el proceso de enseñanza aprendizaje son los tradicionales (Behzadan et al., 2015). Muchos de los estudios han demostrado la eficacia de la tecnología en la educación, pero no deja de preocupar que, sin un diseño adecuado de la tecnología para el ambiente de aprendizaje, podría no ser útil (Sung et al., 2015).

Aunque el aprendizaje con juegos data de años atrás, actualmente los nativos digitales generación que está en las aulas de ingeniería, hace que los avances en las herramientas pedagógicas de enseñanza cambien para ir al ritmo del aprendizaje basado en computador, ya que es algo innato en los jóvenes de esta generación (Furió et al., 2013).

Tradicionalmente el aprendizaje basado en juegos tiene por objetivo entrenar a los estudiantes en la solución de un determinado problema, en el conocimiento de un determinado contenido o en la mejora de una o varias competencias personales (Hierro et al., 2014).

Por las razones expuestas, es necesario profundizar primero en los juegos computacionales utilizados en la docencia, teniendo en cuenta el Aprendizaje Basado en Juego (GBL, por su sigla en inglés), después abordar el problema desde la óptica de los juegos computacionales en la docencia, hacer un alto en los juegos computacionales aplicados en la docencia en el área de la ingeniería civil y por último la aplicación específica de las técnicas de aprendizaje basadas en juegos en la gestión de la construcción; esta revisión de literatura pretende aportar algunas herramientas que permitan mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje en la docencia, específicamente en el área de la gestión de la construcción.

## **DESARROLLO**

### **Juegos en la docencia – aprendizaje basado en juego**

Los juegos se realizan para el entretenimiento y tienen la capacidad de estimular una variedad de estados de ánimo durante el juego, incluyendo la felicidad. Los juegos serios o aplicados se crean y se utilizan para servir a un propósito específico, más que para el entretenimiento puro (Nazry et al., 2017; Guerrerro-Peña et al., 2016).

Aunque el aprendizaje basado en juegos (GBL) ha recibido mucha atención en la educación, la eficacia de los juegos en el aprendizaje aún no está claro. Algunos investigadores educativos apoyan el uso de juegos educativos, pero otros argumentan que los entornos de aprendizaje basados en juegos pueden no permitir suficiente articulación y reflexión, en el conocimiento del contenido objetivo para fines de aprendizaje (Law y Cheng, 2016; Ebner y Zechner, 2011)

Muchos de los estudios realizados, han mostrado que los profesores tradicionales, se niegan, en la mayoría de ocasiones en el aprendizaje basado en juegos, por cuanto no existe mucha explicación del problema en los libros guía empleados en las asignaturas y además las investigaciones desarrolladas han sido estudios aislados, no enfocados a este perfil de profesor (Shultz, 2017).

Pero la tendencia actual, demuestra que es necesario implementar la estrategia del aprendizaje basado en los juegos, para cerrar la brecha entre el contexto social, cultural, personal, etc, de los estudiantes y el contexto en sus sistemas de educación (Hwang et al., 2012).

### **Juegos computacionales en la docencia**

Tanto en el ámbito latinoamericano como en el europeo y el estadounidense se ha manifestado la preocupación por el evidente desfase entre lo que la escuela proporciona y las habilidades, competencias y conocimientos que demanda a los niños y jóvenes el contexto cotidiano extraescolar (Herrera, 2005). El desencanto de los estudiantes omnipresentes es un aspecto

importante a tener en cuenta tanto a nivel nacional como internacional, con un 20 a 25% de estudiantes en 28 países de la OECD clasificados como de baja participación y/o un bajo sentido de pertenencia. Una estrategia prometedora para aumentar el compromiso en un sentido significativo ha pensado que el camino proviene de los videojuegos (Herrera, 2005). Los jóvenes que están en las aulas universitarias en estos momentos han crecido con juegos de computadora y otras tecnologías que han cambiado sus estilos de descanso preferidos, su interacción social e incluso sus preferencias de aprendizaje (Furió et al., 2013).

El papel de las tecnologías electrónicas en los procesos educativos formales ha sido estudiado desde la década de los sesenta y ha dado lugar a un gran conjunto de líneas de investigación desde diversas perspectivas de aproximación a las formas de aprendizaje y adquisición de conocimiento que se realiza en la interacción con los productos computacionales educativos (Herrera, 2005). La noción de usar los videojuegos para aprender hace que algunos se preocupen y otros salten de alegría y muchos con preguntas acerca de este medio de aprendizaje. Estas preguntas a menudo vienen de personas y organizaciones que están considerando ahondar en el mundo de los juegos de aprendizaje, pero no saben si esto es aconsejable o no saben por dónde empezar (Klopfer, 2009).

Desde la acuñación del término "juegos serios" por Clark Abt (1970), los practicantes en campos como la educación, la milicia y la ciencia médica, así como investigadores de otras disciplinas, han investigado con interés la mecánica del juego y la dinámica de los juegos en las no-aplicaciones de juegos de azar (Kosmadoudi et al., 2013).

Por lo anterior, es ahora prudente introducir algunos ejemplos específicos de aprendizaje basado en juegos, para tener una visión general de estas aplicaciones en el área de la docencia.

Un primer juego en 3D representa el área alrededor del edificio de Regent Court de la Universidad de Sheffield, Reino Unido, y se pidió a los jugadores que aprendieran una ruta desde el punto de partida a un destino desconocido (todos los jugadores no sabían el destino en primer lugar). Uno de los objetivos de este juego era que el estudiante hiciera el recorrido en la vida real sin cometer errores. De los 52 estudiantes observados, equilibrados según género, tenían una edad promedio de 28,69, el 80.77% (42 estudiantes) tuvieron buenas y muy buenas habilidades espaciales y de navegación (Nazry et al., 2017).

Otra aplicación Spumone, realizada a estudiantes de pregrado de ingeniería mecánica en la asignatura dinámica, los estudiantes pilotan un vehículo bidimensional a través de un mundo simulado subterráneo. Para tener éxito, los estudiantes deben idear estrategias basadas en principios aprendidos en el curso y expresarlas matemáticamente a través de un analizador de ecuaciones incrustado en el juego. Se sugiere, con los resultados del estudio, que los videojuegos educativos pueden efectivamente ser un medio eficaz de crear condiciones para el flujo, un mayor compromiso (incluyendo el interés, la concentración, así como el disfrute) y la inmersión, lo que puede facilitar aún más el aprendizaje de estrategias complejas a través del GBL (Hamari et al., 2016).

En otra aplicación, los estudiantes de medicina de pregrado participan en dos escenarios simulados en los que la condición del paciente se deteriora, requiriendo que apliquen su entrenamiento en las técnicas de reanimación con un maniquí. Se observó aquí que, en un escenario sin éxito, los instructores no asignaron roles claros o identidades a los estudiantes participantes y no especificaron un punto de partida para la simulación colaborativa. En contraste, en el mismo experimento en un escenario posterior, el instructor asignó un papel específico a

cada estudiante del grupo. El instructor presentó el caso de manera auténtica en la forma de una presentación clínica, y todos los participantes comenzaron al mismo tiempo. El estudiante que desempeñaba el papel central en esta ocasión interactuaba directamente con el paciente, cuya voz era interpretada por el instructor. La tensión creció a medida que la condición del paciente empeoraba. Los ruidos de los monitores se hicieron más insistentes a medida que el tiempo empezaba a agotarse y las opciones de tratamiento disminuían. A través de estos elementos, este escenario se hizo intensamente inmersivo y real, el paciente en este escenario finalmente se estabilizó, y el instructor ofreció retroalimentación sobre el rendimiento de los estudiantes (Begg et al, 2005).

En ingeniería electrónica, se encontró otra aplicación de Realidad Aumentada (AR por su sigla en inglés) para lectura de planos, ELECT3D; esta aplicación permite a los estudiantes una visión más realista y aprendizaje útil de la ingeniería eléctrica y sus símbolos. Los futuros ingenieros deben ser capaces de elaborar y comprender proyectos de ingeniería, lo que implica la comprensión y el entendimiento de los símbolos eléctricos. Para lograr este objetivo, la aplicación debe interpretar símbolos e imágenes complejas y realistas, luego mostrar la información virtual correspondiente; en la evaluación realizada por los estudiantes a la herramienta ELECT3D indicaron que está libre de errores en términos de efectividad y eficacia. Además, dejaron altas puntuaciones de retroalimentación para la aplicación de AR indicando que se sienten cómodos al usarla y la consideran bastante adecuada para aprender tanto el contenido práctico como el teórico (Martín-Gutiérrez et al., 2015).

Las aplicaciones anteriores, permiten hacer una introducción específica a los juegos aplicados en la docencia en la ingeniería civil, de tal manera que se puedan observar diferentes ejemplos que permitan llegar al lector a la aplicación específica de la gestión de la construcción.

### **Juegos computacionales y la docencia en ingeniería civil**

El estudiante actual de pregrado en ingeniería civil busca siempre que se tenga una contextualización en lo que será su realidad en una obra, consultoría o actividad relacionada con el ámbito de la construcción de infraestructura y lo que sucede en su vida real; es así como se deben tener herramientas suficientes para enfrentar y solucionar los problemas que se le presentarán en su vida profesional y que mejor que conseguirlo a través del Aprendizaje Basado en Juegos (GBL) (Ebner et al., 2007). Actualmente, los cálculos necesarios para el trabajo práctico de un ingeniero civil se pueden hacer usando computadoras. Sin embargo, desde el desarrollo de software específico ha sido posible resolver problemas muy complejos en muy poco tiempo. En consecuencia, hoy el trabajo de un ingeniero es hacer la entrada correcta y verificar, supervisar e interpretar los resultados obtenidos (Ebner et al., 2007).

El aprendizaje tradicional basado en problemas en los planes de estudio de ingeniería civil ha sido el más comúnmente aplicado en varios países; es importante crear una metodología mixta que incluya tanto el aprendizaje basado en problemas, proyectos y juegos y no sólo la utilización del tablero y la clase magistral (Arganis-Juárez et al., 2013). Este tipo de aplicaciones basada en la trilogía de proyectos, problemas y juegos permitirá comprender que el mundo real es competitivo para los ingenieros civiles y le dará un contexto de lo que sucede en los procesos de competencia en los diferentes proyectos de obras públicas, aquellos basados en este tipo de metodologías de puntuación, como son las licitaciones, en donde siempre tiene que existir un ganador (Dzeng y Wang, 2017; Mateus et al., 2010).

Una de las primeras experiencias en juegos computacionales en la docencia en la ingeniería civil, fue el desarrollo de sus propios códigos de programación de juegos en el contexto de la enseñanza de la construcción y la planificación del transporte, en la facultad de ingeniería civil de la Universidad de Nottingham; entre los años 1969 y 1979, los autores observaron que tan significativo era el aprendizaje de los estudiantes; se observó que era difícil encontrar un equilibrio entre la simplicidad y el realismo en el diseño del juego, y a menudo requerían orientación sobre los factores a incluir. El compromiso de los estudiantes y los docentes no termina con la finalización de un proyecto, ya que el juego producido a menudo necesitará más trabajo si se va a utilizar en la práctica (Cullingford et al, 1979).

En el área de la mecánica de materiales, existe un proceso conocido como el círculo de Mohr; en el cual se obtienen esfuerzos principales en un elemento. En el juego basado en este proceso, se da un elemento con un estado de esfuerzos y se entregan tres posibles respuestas. Si el estudiante al primer intento acierta, gana 30 puntos; si la respuesta es incorrecta, el juego le informa cual fue el error, si en la segunda oportunidad escoge el correcto gana 10 puntos y si en la última oportunidad gana no tiene ni un solo punto. La interfaz gráfica sofisticada, que incluye sólidos fotorrealistas, renderizados y tridimensionales pueden mejorar en gran medida la comunicación visual. Los conceptos que son difíciles de visualizar para el alumno basándose únicamente en imágenes estáticas y bidimensionales se vuelven mucho más comprensibles cuando se combinan gráficos computarizados con técnicas de animación (Philpot et al., 2002).

En el área estructural, se desarrolló el juego El Maestro de la Fuerza Interna (IFM, por su sigla en inglés), el cual es puramente visual de una sola opción; es un esbozo de una estructura y la carga aplicada. Para todos los casos hay tres posibles soluciones para las fuerzas internas de este problema. Todas las cantidades se dan de una manera cualitativa, de modo que no hay cálculos implicados y la solución se puede encontrar por el principio de exclusión o la identificación directa. El objetivo de este juego es reunir tantos puntos como sea posible eligiendo la respuesta correcta lo más rápido posible. Cuanto más rápido se selecciona una respuesta correcta, más puntos se reciben. Si se elige una respuesta incorrecta, el juego termina y los puntos del nivel actual se pierden, sin embargo, los puntos de los niveles anteriores se mantienen. Si el jugador no conoce la solución correcta, se recomienda que deje pasar el tiempo para conservar los puntos actuales en un nivel. En un curso controlado existieron estudiantes que participaron en el juego y otros que no; se encontró que los jugadores aumentaron su nivel de aprendizaje en general, por lo tanto, el mayor desafío es lograr motivar a los estudiantes que están en el grupo de no jugadores (Ebner y Zechner, 2011).

Las aplicaciones específicas anteriores, muestran, solo algunos ejemplos de los juegos aplicados en áreas diferentes de la ingeniería civil, se observa en este contexto que las distintas aplicaciones, permiten un avance pedagógico, permitiendo a los estudiantes, contar con juegos que aumenten su aprendizaje. Sin embargo, siempre existirán estudiantes resistentes a este tipo de metodologías, por lo tanto, el profesor deberá estar preparado para generar diversas metodologías de aprendizaje con el fin de que todos los estudiantes aprendan.

### **Aprendizaje Basado en Juegos (GBL) en diseño y gestión de la construcción**

Existen varias aplicaciones encontradas en el área del diseño y gestión de la construcción, en este capítulo se observarán algunos ejemplos que permiten ver como son los resultados de estos en el aprendizaje de los estudiantes.

Una primera aplicación muestra una herramienta informática interactiva visual para ayudar en la formación en salud y seguridad en el trabajo. Esta herramienta se utilizó para mostrar el contenido de seguridad en zanjas, como parte del material educativo para varias clases de estudiantes de oficios de construcción en un colegio comunitario. Las cuestiones de salud y seguridad son de especial interés, ya que el material normalmente debe presentarse en el aula a través de material en papel o videos, ya que el entrenamiento en el campo o el trabajo de laboratorio no pueden crear éticamente condiciones inseguras para ilustrar los peligros y consecuencias ni cubrir todas las facetas posibles. Se espera que el uso de juegos para estos fines se posicione en la industria de la construcción, junto con el repertorio didáctico existente, especialmente para material didáctico potencialmente peligroso o difícil de presentar en contexto a su aplicación debido a limitaciones en recursos, materiales y tiempo o debido a consideraciones de seguridad (Dickinson et al., 2011).

Otra aplicación permite relacionar BIM con el Rescate Humano con Juegos Serios (SHRG por su sigla en inglés), para una simulación interactiva y en tiempo real de escenarios de emergencia en incendios. Según el concepto, los modelos BIM sirven como base para el escenario del juego. Lo anterior, permite una rápida configuración de escenarios, gracias a la parametrización, mejorando la interoperabilidad para pasar los datos entre la aplicación BIM y el juego serio. Esta característica proporciona una estrecha relación con el mundo de la realidad y permite a diseñadores, creadores, operadores y usuarios del edificio, así como fuerzas de rescate simular varios escenarios en el más corto tiempo sin el modelado adicional del escenario del juego. Se supone que estas capacidades pueden ayudar a evitar las interferencias y detectar los riesgos de seguridad en una etapa de planificación temprana. Con el motor de física integrado se pueden realizar simulaciones cualitativas de fuego y humo, así como daños estructurales después de explosiones o terremotos (Rüppel y Schatz, 2011).

Otra aplicación de juego con BIM, permite una aplicación arquitectónica, para observar la accesibilidad de personas incapacitadas en diferentes recintos del edificio modelado. Este juego se realiza a través de la vista de avatar en tercera o primera persona, dependiendo de la escogencia. Esta aplicación arquitectónica que se encuentra en una primera etapa permite al usuario a través de la aplicación de juegos serios, encontrar los diferentes obstáculos que se presentarán a personas en sillas de rueda, para desde la etapa de diseño, poder corregir estas inconsistencias (Yan y Culp, 2011).

Otro juego el C-Negotiation simula el escenario de toma de decisiones en el proceso de adquisición y negociación en la industria de la construcción. Los estudiantes pueden participar en el juego actuando como contratistas o proveedores. El objetivo del contratista es adquirir la mayor rentabilidad para satisfacer los requisitos de adquisición del proyecto mediante la negociación con los proveedores, mientras el objetivo del proveedor es vender materiales y obtener la mayor cantidad de beneficios a través de la negociación con los contratistas que se acercan. Los contratistas y proveedores están sujetos a multas por almacenamiento excesivo y a penalizaciones negativas de efectivo. Tres aspectos del diseño del juego implican una característica de aleatorización utilizada para simular el carácter dinámico e incierto del mercado de la construcción. La tarea de cada juego se desarrolla utilizando los proyectos modulares (que difieren según la ubicación, el tamaño y la duración del proyecto). Por lo tanto, la tarea puede ser diferente para cada ronda de juego. La calidad y el calendario de cada proveedor y la ubicación de cada contratista se determinan mediante un sorteo al azar. También se asignan aleatoriamente penas de mala calidad y penas de progreso tardías, con una tendencia que refleja la calidad del proveedor y el nivel de rendimiento del plan. Se realizó la aplicación del juego a 72 estudiantes. Se observó que los estudiantes con puntuaciones más altas previo a la prueba aún demuestran

una mejoría significativa en los puntajes después de la prueba. El resultado de la encuesta también muestra una respuesta favorable para el juego en términos de aprendizaje, motivación, satisfacción y efectividad. Los estudiantes también están de acuerdo en que la inclusión del juego en la clase puede mejorar de manera efectiva su aprendizaje. Finalmente, este estudio también descubre que el papel del juego, la universidad y el sexo de los estudiantes no afectan significativamente su percepción del juego en términos de lograr la motivación del aprendizaje, satisfacción y efectividad. Sin embargo, los ganadores del juego tienen una valoración mucho más alta del juego que los no ganadores (Dzeng y Wang, 2017).

MERIT es un juego de simulación por ordenador desarrollado por la Universidad de Loughborough en el Reino Unido y es un seudónimo de Gestión (Management), Empresa (Enterprise), Riesgo (Risk), Innovación (Innovation) y Trabajo en equipo (Team work). Es un juego de simulación por ordenador que permite a los participantes, agrupados en un equipo, la oportunidad de experimentar la gestión de su propia empresa ficticia de construcción. Se pudo observar que es una buena aplicación, que a través de la asignación de notas fomenta la participación y mantiene la motivación, esta puede ser una herramienta muy eficaz para mejorar la experiencia de aprendizaje. Los académicos deben asegurar que el juego se estructura apropiadamente, estableciendo fechas de los hitos para la terminación de las diferentes fases. La asignación de marcas para los elementos debe animar a que esto suceda. El uso de tecnologías de voz sobre IP es una forma muy efectiva de fomentar el aprendizaje colaborativo y la toma de decisiones mejoradas, permitiendo a los miembros del equipo ver las decisiones en tiempo real y discutir las implicaciones de las decisiones (Wall y Ahmed, 2008).

La tecnología de videojuegos 3D en el curso de la educación en seguridad de la construcción, fue un estudio piloto que mostró una experiencia de aprendizaje atractiva y motivadora para los estudiantes participantes. Sin embargo, también señaló la necesidad de enriquecer el ambiente del juego, para que se asemeje a actividades de construcción más cotidianas. El estudio reveló el potencial del juego en términos de medir la capacidad de un alumno para el reconocimiento de peligros, complementando los enfoques existentes como caminar por el trabajo o simplemente trabajar con imágenes estáticas de malas prácticas. Sin embargo, se reconoció la necesidad de introducir más consideraciones de diseño pedagógico en el futuro, para que el nivel de aplicación del juego pueda pasar de "reconocimiento de peligros" a "mejora positiva de la seguridad del trabajo". En general, el estudio permitió obtener un conocimiento incremental sobre las tecnologías de videojuegos 3D y generó retroalimentación alentadora, así como recomendaciones para la mejora de la investigación futura (Lin y Son, 2011).

Después de recorrer varias aplicaciones de juegos en la docencia de la gestión de la construcción, se observó que una de las aplicaciones más empleadas son los modelos BIM y CAD, de tal manera que en estas herramientas se generan los escenarios y basados en otras aplicaciones, se logra analizar desde las rutas de las personas discapacitadas, hasta la respuesta contra incendios y la seguridad en el trabajo, entre otras. Estas herramientas, en la mayoría de las ocasiones, permiten mejorar los procesos de aprendizaje de los estudiantes y se ven motivados ya que favorece la interacción con la realidad de lo que le espera en el trabajo aplicado de la construcción.

## **CONCLUSIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos es posible extraer las siguientes conclusiones.

Se pudo observar que, en diferentes disciplinas, se realizan aplicaciones de este tipo, en medicina, en ingeniería electrónica, ingeniería civil (áreas diferentes a la gestión de la construcción), las cuales muestran que el aprendizaje de los estudiantes es significativo.

El aprendizaje basado en juegos (GBL) permite que los estudiantes se vean inmersos en escenarios ficticios, que los acercan lo más posible a lo que les espera en el ambiente laboral, de tal manera que, si se cometen errores, son penalizados en el juego y no en la vida real, en donde estas equivocaciones pueden cobrar vidas, como se observó en el juego de seguridad en la construcción.

Uno de los desafíos más importantes es generar una sinergia entre especialistas técnicos, educadores y programadores de juegos, con el fin de desarrollar aplicaciones interdisciplinarias que cumplan todos los objetivos de un juego serio, es decir, sean entretenidos y que los estudiantes logren un aprendizaje significativo a través de él.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los estudios de Doctorado del profesor Herrera son financiados con la Beca VRI de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Los estudios de Doctorado de la profesora Retamoso son financiados por beca del Gobierno de Chile, CONICYT-PCHA/Doctorado Nacional-2016.21160598

## **REFERENCIAS**

Abt, C.C. (1970). *Serious Games*. Viking Press. New York.

Arganis-Juárez, M. L., Baños-Martínez, J. J., y Dominguez-Mora, R. (2013). The Balance between Digital Tools and Traditional Teaching in Civil Engineering's Topics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 106, 2620–2627. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.302>

Begg, M., Dewhurst, D., y Macleod, H. (2005). Game-Informed Learning: Applying Computer Game Processes to Higher Education. *Innovate*, 1(6), 7–13. Retrieved from [http://www.innovateonline.info/pdf/vol1\\_issue6/Game-Informed\\_Learning-\\_\\_Applying\\_Computer\\_Game\\_Processes\\_to\\_Higher\\_Education.pdf](http://www.innovateonline.info/pdf/vol1_issue6/Game-Informed_Learning-__Applying_Computer_Game_Processes_to_Higher_Education.pdf)

Behzadan, A. H., Dong, S., y Kamat, V. R. (2015). Augmented reality visualization: A review of civil infrastructure system applications. *Advanced Engineering Informatics*, 29(2), 252–267. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.03.005>

Cullingford, G., Mawdesley, M. J., y Davies, P. (1979). Some experiences with computer based games in civil engineering teaching. *Computers and Education*, 3(3), 159–164. [https://doi.org/10.1016/0360-1315\(79\)90041-1](https://doi.org/10.1016/0360-1315(79)90041-1)

Dickinson, J., Woodard, P., y Canas, R. (2011). Game-based trench safety education: development and lessons learned. *Journal of Information Technology in Construction*, 16(March 2010), 119–134. Retrieved from [http://itcon.org/data/works/att/2011\\_8.content.06405](http://itcon.org/data/works/att/2011_8.content.06405)



Dzeng, R. J., y Wang, P. R. (2017). C-Negotiation Game: An educational game model for construction procurement and negotiation. *Automation in Construction*, 75, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.11.010>

Ebner, M., y Holzinger, A. (2007). Successful implementation of user-centered game based learning in higher education: An example from civil engineering. *Computers and Education*, 49(3), 873–890. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.026>

Ebner, M., y Zechner, J. (2011). Playing a Game in Civil Engineering. In *International Conference on Interactive Collaborative Learning* (pp. 417–422).

Furió, D., González-Gancedo, S., Juan, M. C., Seguí, I., y Rando, N. (2013). Evaluation of learning outcomes using an educational iPhone game vs. traditional game. *Computers and Education*, 64, 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.001>

Guerrero-Peña, D. A., Guerrero-Peña, A., y Ortiz-Valencia, P. (2016). Valoración de una Estrategia Didáctica para la enseñanza del aprendizaje del modelado de software utilizando el proyecto Zero. *TRILOGÍA. Ciencia, Tecnología Y Sociedad*, 8(13), 81–90.

Hainey, T., Westera, W., Connolly, T. M., Boyle, L., Baxter, G., Beeby, R. B., y Soflano, M. (2013). Students' attitudes toward playing games and using games in education: Comparing Scotland and the Netherlands. *Computers and Education*, 69, 474–484. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.023>

Hamari, J., Shernoff, D. J., Rowe, E., Coller, B., Asbell-Clarke, J., y Edwards, T. (2016). Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 54, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.045>

Herrera, S. (2005). Juegos electrónicos y aprendizaje: el desafío de la “cultura digital.” *Sinéctica*, 26(Febrero-Julio), 65–74.

Hierro, L. Á., Atienza, P., y Pérez, J. L. (2014). Una experiencia de aprendizaje universitario mediante juegos de torneo en clase. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 12(4), 415–436.

Hwang, G.-J., Wu, P.-H., y Chen, C.-C. (2012). An online game approach for improving students' learning performance in web-based problem-solving activities. *Computers y Education*, 59(4), 1246–1256. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.05.009>

Klopfer, E., Osterweil, S., y Salen, K. (2009). Moving Learning Games Forward. *Flora*, 3(December), 58. [https://doi.org/10.1207/S15327825MCS0301\\_02](https://doi.org/10.1207/S15327825MCS0301_02)

Kosmadoudi, Z., Lim, T., Ritchie, J., Louchart, S., Liu, Y., y Sung, R. (2013). Engineering design using game-enhanced CAD: The potential to augment the user experience with game elements. *CAD Computer Aided Design*, 45(3), 777–795. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2012.08.001>

Law, V., y Chen, C. H. (2016). Promoting science learning in game-based learning with question prompts and feedback. *Computers and Education*, 103, 134–143. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.10.005>

Lin, K., Son, J., y Rojas, E. M. (2011). a Pilot Study of a 3D Game Environment for Construction Safety Education. *Journal of Information Technology in Construction (ITCON)*, 16(July 2010), 69–84.

Nazry, N. N., y Romano, D. M. (2017). Mood and learning in navigation-based serious games. *Computers in Human Behavior*, 73, 596–604. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.040>

Magnacca, S. (2013). Game-Based Learning in the Social Studies Classroom. *Instructional Technology Education Specialist Research Papers*. Retrieved from <http://digitalcommons.georgiasouthern.edu/edu-papers/7/>

Martín-Gutiérrez, J., Fabiani, P., Benesova, W., Meneses, M. D., y Mora, C. E. (2015). Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education. *Computers in Human Behavior*, 51, 752–761. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.093>

Mateus, R., Ferreira, J. A., y Carreira, J. (2010). Full disclosure of tender evaluation models: Background and application in Portuguese public procurement. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 16(3), 206–215. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2010.04.001>

Philpot, T. A., Oglesby, D. B., Flori, R. E., Yellamraju, V., Hubing, N., y Hall, R. H. (2002). Interactive Learning Tools: Animating Mechanics of Materials. In *Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Educational Annual Conference and Exposition* (p. 15).

Rüppel, U., y Schatz, K. (2011). Designing a BIM-based serious game for fire safety evacuation simulations. *Advanced Engineering Informatics*, 25(4), 600–611. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2011.08.001>

Shultz Colby, R. (2017). Game-based Pedagogy in the Writing Classroom. *Computers and Composition*, 43, 55–72. <https://doi.org/10.1016/j.compcom.2016.11.002>

Sung, H.-Y., Hwang, G.-J., y Yen, Y.-F. (2015). Development of a contextual decision-making game for improving students' learning performance in a health education course. *Computers y Education*, 82, 179–190. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.11.012>

Wall, J., y Ahmed, V. (2008). Use of a simulation game in delivering blended lifelong learning in the construction industry - Opportunities and Challenges. *Computers and Education*, 50(4), 1383–1393. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.12.012>

Yan, W., Culp, C., y Graf, R. (2011). Integrating BIM and gaming for real-time interactive architectural visualization. *Automation in Construction*, 20(4), 446–458. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.11.013>