

“Gamificación” de la enseñanza para ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas: cartografía conceptual

“Gamification” of teaching science, technology, engineering and mathematics: Conceptual cartography

MIGUEL ÁNGEL GUZMÁN RIVERA*

ALEXANDRO ESCUDERO-NAHÓN**

SANDRA LUZ CANCHOLA-MAGDALENO***

El propósito de esta investigación documental, realizada con el método de la cartografía conceptual, fue hacer un estudio del término gamificación en el aprendizaje de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (CTIM). En total, se obtuvieron 287 textos, de los cuales se seleccionaron 39 documentos para revisión. Los ejes de análisis fueron: noción, categorización, caracterización, diferenciación, división, vinculación, metodología y ejemplificación. El resultado consistió en una sistematización del concepto gamificación y sus aspectos metodológicos para la enseñanza de las CTIM. El hallazgo principal fue una diferenciación entre gamificación, juegos educativos serios y aprendizaje basado en juegos. Lo anterior permitirá planificar estrategias educativas diferenciadas de acuerdo con objetivos de enseñanza específicos.

The purpose of this documentary research, carried out with the method of Conceptual Cartography, was to make a conceptual study of the term “gamification”, specifically in the learning of science, technology, engineering and mathematics (STEM). A total of 287 texts were obtained and finally 39 documents were selected for revision. Eight axes of analysis were applied: notion, categorization, characterization, differentiation, division, linkage, methodology and exemplification. The result was a systematization of the concept “gamification” and its methodological aspects for the teaching of STEM. The main finding was a differentiation between “gamification”, “educative serious games” and “game-based learning”. This would allow planning differentiated educational strategies according to specific teaching objectives.

Palabras clave:

gamificación, juegos educativos serios, aprendizaje basado en juegos, cartografía conceptual

Keywords:

gamification, conceptual cartography, educative serious games, game-based learning

Recibido: 6 de junio de 2019 | **Aceptado para su publicación:** 13 de diciembre de 2019 | **Fecha de publicación:** 17 de enero de 2020

Recuperado de: <https://sinectica.iteso.mx/index.php/SINECTICA/article/view/1009>

doi: 10.31391/S2007-7033(2020)0054-002

* Maestro en Tecnología Educativa. Docente del Instituto Tecnológico de Querétaro. Línea de investigación: desarrollo de software educativo. Correo electrónico: glaux@mail.itq.edu.mx

** Doctor en Educación por la Universidad Autónoma de Barcelona. Profesor investigador de la Universidad Autónoma de Querétaro. Miembro del SNI. Línea de investigación: análisis cualitativos de la tecnología educativa. Correo electrónico: alexandro.escudero@uaq.mx

*** Doctora en Tecnología Avanzada por el Instituto Politécnico Nacional/Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Querétaro. Profesora investigadora de la Universidad Autónoma de Querétaro. Línea de investigación: desarrollo de software educativo y programación paralela. Correo electrónico: sandra.canchola@uaq.mx

INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico de una sociedad depende, en gran medida, del desarrollo de nuevas tecnologías que permitan afrontar los retos planteados por un complejo y cambiante entorno económico global. Esto hace impostergable la necesidad de mejorar la educación de la ciencia y la tecnología en México. La Comisión de los Estados Unidos para la Seguridad Nacional en el siglo 21 afirmó que es necesario administrar adecuadamente la ciencia, la tecnología y la educación para el bien común en el futuro (Lathrop & Mackenzie, 2001).

La educación de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (CTIM) es una propuesta educativa cuyo objetivo es fomentar las habilidades de los estudiantes en esas cuatro disciplinas, de forma que estas se relacionen entre sí para proporcionar una mejor experiencia educativa para los alumnos (Bybee, 2010). Esto es importante debido a que el número de empleos que tienen que ver con las CTIM creció el triple en comparación con otras áreas entre 2000 y 2010, y que una enorme cantidad de puestos de este trabajo no han podido ser cubiertos por la falta de personal capacitado (Smithsonian Science Education Center, 2019).

Por otra parte, los juegos poseen un gran potencial para motivar a los individuos (Sailer, Hensen, Mayr & Mandl, 2017). La teoría constructivista establece que el aprendizaje solo puede ocurrir cuando el educando conceptualiza nuevas experiencias de manera gozosa. Por lo tanto, el juego ha sido considerado como un elemento fundamental para que las personas logren aprendizajes significativos. Este potencial puede ser aplicado a la educación mediante los conceptos asociados a la “gamificación”, entendida como el uso de elementos de juego en contextos no lúdicos (Deterding, Dixon, Khaled & Nacke, 2011). La gamificación, tomada como estrategia educativa, fue documentada por primera vez en 2010 y ha ganado relevancia desde entonces (Llorens *et al.*, 2016). Es, desde esta perspectiva, una excelente herramienta para facilitar el aprendizaje.

Este enfoque ha llamado la atención de los educadores en años recientes porque ofrece la posibilidad de lograr que el aprendizaje sea más atractivo para los educandos (Seixas, Gomes & Melo, 2016), lo cual ha conducido a un notable incremento del interés en este campo de estudio. La falta de motivación en clase es uno de los retos a los que se enfrenta el personal docente (Lee & Hammer, 2011). Considerando que el principal objetivo de la gamificación es mejorar la participación de los estudiantes en clase (Villagrasa, Fonseca, Redondo & Durán, 2014), resulta natural encontrar que esta estrategia ha sido aplicada con frecuencia en contextos educativos (De Marcos, García-Cabot & García, 2017).

De acuerdo con lo expuesto, nuestro estudio se enfoca en un análisis conceptual sobre la gamificación en la enseñanza de las CTIM, en el que utilizamos ocho categorías.

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Tipo de estudio

El estudio se realizó mediante la cartografía conceptual, que es un método de análisis documental eminentemente cualitativo para sistematizar los resultados que la literatura científica especializada ha efectuado antes sobre un tema en cuestión. El

procedimiento general es seleccionar, analizar y sistematizar documentos publicados acerca del tema para responder preguntas de investigación sobre este (Bermeo, Hernández y Tobón, 2016).

Técnica de análisis

Como estrategia para el análisis documental, usamos ocho ejes de análisis: noción, categorización, caracterización, diferenciación, división, vinculación, metodología y ejemplificación (Tobón, 2012). La cartografía conceptual utiliza preguntas orientadoras que muestran los elementos que deben abordarse en cada uno de los ejes centrales y que sirven como guía de la búsqueda en el análisis y la organización del conocimiento adquirido en torno al concepto estudiado (ver tabla 1).

Tabla 1. Ejes clave de la cartografía conceptual

Eje de análisis	Pregunta central	Componentes
Noción	¿Cuál es la etimología del concepto de gamificación en la enseñanza de las CTIM, su desarrollo histórico y su definición actual?	Etimología de los términos Desarrollo histórico del concepto Definición actual
Categorización	¿A qué clase mayor pertenece el concepto de gamificación?	Clase inmediata: definición y características Clase que sigue: definición y características
Caracterización	¿Cuáles son las características centrales del concepto de gamificación?	Características clave del concepto teniendo en cuenta la noción y categorización Explicación de cada característica
Diferenciación	¿De qué otros conceptos similares se diferencia el concepto de gamificación?	Descripción de los conceptos similares de los cuales se tiende a confundir el concepto central Definición de cada concepto Diferencias puntuales con el concepto central
Clasificación	¿En qué subclases o tipos se clasifica el concepto de gamificación?	Definición de los criterios para establecer las subclases Descripción de cada subclase
Vinculación	¿Cómo se vincula la gamificación con determinadas teorías, procesos sociales-culturales y referentes epistemológicos ajenos a la categoría?	Descripción de uno o varios enfoques o teorías que brinden contribuciones a la comprensión, construcción y aplicación del concepto Explicación de las contribuciones de esos enfoques Los enfoques o teorías tienen que ser diferentes a lo expuesto en la categorización
Metodología	¿Cuáles son los elementos metodológicos mínimos que implica el abordaje de la gamificación?	Pasos o elementos generales para aplicar el concepto
Ejemplificación	¿Cuál podría ser un ejemplo relevante y pertinente de aplicación del concepto de gamificación en la enseñanza de las CTIM?	Ejemplo concreto que ilustre la aplicación del concepto y aborde los pasos de la metodología El ejemplo debe contener detalles del contexto

Fuente: Elaboración propia basada en Tobón (2012).

Criterios para la selección de los documentos

Durante esta etapa, seleccionamos tanto las palabras clave como las bases de datos a consultar. Para el trabajo, elegimos las bases de datos de literatura científica ScienceDirect y Web of Science. Los términos de búsqueda aplicados fueron “gamification” or “serious games” or “game-based learning” and “STEM”.

Cada documento debió cumplir los siguientes criterios para ser seleccionado:

- Incluir las palabras clave de acuerdo con la expresión booleana especificada.
- Enfocarse en la gamificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las CTIM.
- Tener autor, año y responsable de la edición (editorial, centro de investigación, universidad o revista).
- Estar escritos en el idioma inglés.
- Ser artículos publicados en revistas arbitradas durante el periodo 2014-2018.

Fases de estudio

La investigación documental se realizó siguiendo las siguientes fases:

- Fase 1: búsqueda de las fuentes primarias pertinentes en las bases de datos seleccionadas. Obtuvimos 253 registros de ScienceDirect y 34 en Web of Science. En total fueron 287 textos.
- Fase 2: selección de los documentos que cumplían los criterios establecidos. Tras una lectura de los resúmenes, descartamos 248 artículos que no observaban los criterios, y quedaron 39 para su revisión. La totalidad de los trabajos elegidos tuvieron como objetivo principal la enseñanza de las CTIM mediante la aplicación o propuesta de estrategias educativas centradas en el uso de juegos y mecánicas asociadas a estos.
- Fase 3: elaboración de la cartografía conceptual con base en sus ocho ejes.

CARTOGRAFÍA CONCEPTUAL

Noción

La idea de usar el juego como factor educativo no es nueva; por ejemplo, el filósofo Locke (1986) considera que el juego enseña a medir las propias fuerzas, a dominarse, a actuar con provecho sobre el mundo externo y a propiciar futuras enseñanzas intelectuales. El aprendizaje a través del juego recibe un impulso importante en las propuestas formativas que hacen uso de internet, ya que existe una multitud de oportunidades para enfocar el logro de competencias mediante tareas centradas en juegos digitales ampliamente accesibles.

El uso de videojuegos como auxiliares en la educación es un subconjunto de una idea más general, conocida como gamificación, cuyo término es la traducción del anglicismo *gamification* acuñado desde 2002 (Burke, 2014), y cuya etimología es

derivada la palabra inglesa *game* (juego en español). La gamificación ha sido una tendencia vigente en la educación desde 2010 (Deterding *et al.*, 2011) y consiste en la aplicación de estrategias y mecánicas de juego en contextos que no son de ocio ni de entretenimiento con el propósito de promover en el educando una conducta específica (Marín y Hierro, 2013).

Este enfoque ha sido ampliamente documentado (Kapp, 2012) y reporta varios beneficios, entre los cuales destaca el refuerzo de la capacidad lectora, el aprendizaje por descubrimiento y la creatividad, así como un aumento en la motivación para aprender. A lo anterior debemos añadir que la integración de entornos virtuales a modelos de aprendizaje basados en juegos resulta en contextos dinámicos y atractivos (Berns, Palomo-Duarte, Doderó & Valero, 2013), lo cual ofrece un gran potencial para facilitar la interacción entre los actores del proceso de aprendizaje. Sin embargo, también se presentan opiniones escépticas respecto a los beneficios que promete la gamificación (Bogost, 2011), lo cual es de esperarse, debido a que esta área de estudio se encuentra en una frontera del conocimiento.

Existe, además, un profundo interés por preparar a la juventud en temas relacionados con las CTIM, y promover la formación de profesionales de excelencia en dichas áreas (The EU Framework for Research and Innovation, 2011). Para esta investigación, en su definición más amplia, las CTIM abarcan los campos de química, informática, ingeniería, ciencias de la tierra, matemáticas, física, astronomía, ciencias de la salud y ciencias de la vida (incluyen las disciplinas de la biología, ecología y desarrollo sustentable en cuanto a su relación con la conservación del medio ambiente).

Categorización

La meta principal de la gamificación es elevar el nivel de involucramiento de los usuarios cuando realizan tareas específicas (Flatla, Gutwin, Nacke, Bateman & Mandryk, 2011). Dentro del marco de referencia de la enseñanza de las CTIM, la gamificación ha sido utilizada como estrategia didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería (Area y González, 2015; Villegas & Alvarado, 2017). Una estrategia didáctica es un procedimiento sistemático para planificar las acciones del docente, con el propósito de que el estudiante logre un aprendizaje congruente con los objetivos educacionales establecidos. Esta planificación del proceso enseñanza-aprendizaje involucra un conjunto de decisiones que el facilitador toma de manera consciente y reflexiva acerca de las técnicas a utilizar para lograr las metas de aprendizaje. Por estas razones, la cartografía conceptual propuesta en nuestro trabajo considera que la clase conceptual inmediata anterior a la que pertenece la gamificación es la categoría de estrategia didáctica.

Las estrategias didácticas tienen en común varios aspectos, entre los cuales se destaca que pueden comprender varias técnicas o actividades de aprendizaje que persiguen un objetivo específico, siempre con el propósito de lograr las metas académicas vinculadas a esas actividades. El caso particular de la gamificación hace uso de mecánicas características de los juegos para promover la motivación en el aprendizaje.

Una estrategia didáctica debe entenderse como un instrumento sociocultural en el contexto de la interacción de los actores del proceso enseñanza-aprendizaje con

su entorno (Díaz-Barriga y Hernández, 2002). Esta estrategia puede afectar la forma en que se adquiere e integra nuevo conocimiento, incluyendo la modificación del estado afectivo del estudiante, siempre y cuando esto propicie las condiciones para mejorar el aprendizaje de los contenidos y las habilidades propuestos.

Las estrategias didácticas abarcan todos los recursos cognitivos que utiliza el estudiante cuando se enfrenta al aprendizaje (Valle, González-Cabanach, Cuevas-González y Fernández-Suárez, 1998). En el caso particular de la gamificación, se consideran elementos vinculados a la motivación del estudiante y a las actividades de planificación, dirección y control del aprendizaje. La gamificación ha sido empleada con éxito como estrategia didáctica en la enseñanza de las CTIM, tanto de manera aislada como en combinación con otras estrategias (Revelo, Collazos y Jiménez-Toledo, 2018).

Caracterización

La gamificación se caracteriza por ser una técnica que emplea mecánicas de juego en entornos no lúdicos con el propósito de mejorar el compromiso de los usuarios con un producto o servicio. Las mecánicas de juego son constructos formados por reglas y lazos de retroalimentación, cuyo objetivo es proporcionar a los participantes una experiencia agradable al hacer uso de sus motivaciones intrínsecas.

La aplicación exitosa de las mecánicas de juego depende de una estrategia didáctica de gamificación bien diseñada, construida con base en un adecuado entendimiento del participante, su misión y la motivación que lo impulsa. La tabla 2 recopila las mecánicas de juego asociadas más comúnmente a la gamificación con el entendido de que pueden ser aplicadas de forma individual o combinada.

Tabla 2. Mecánicas de la gamificación

Mecánica de juego	Descripción
Puntos	Recompensas virtuales por el esfuerzo del jugador. Son la unidad granular de medida en la gamificación
Logros	Completar metas específicas planteadas por el juego
Tableros de liderazgo	Despliegue visual de comparación social, basado en puntos y logros
Insignias	Visualización de los logros del jugador
Grafo social	Representación de la red social del jugador. Las relaciones entre participantes son un importante factor motivacional
Enfrentamientos con jefes	Retos especiales al final de cada nivel
Colecciones	Conjunto de objetos virtuales acumulados
Retos	Objetivos planteados para lograr la motivación del jugador
Desbloqueo de contenidos	Privilegio para los jugadores al conseguir logros
Restricciones	Limitantes al uso de tiempo y de recursos que promueven la automotivación del jugador
Niveles	Progreso del jugador, presentado como una jornada personalizada
Avatares	Visualización del personaje del jugador
Misiones	Retos predefinidos con un objetivo específico
Narrativa	Planteamiento de retos y objetivos en forma de una historia dentro de un contexto que involucra emocionalmente al jugador
Equipo	Grupo de jugadores con una meta común para promover el aprendizaje colaborativo
Bienes virtuales	Recursos utilizables en el juego, resultado de conseguir puntos y logros

Fuente: Elaboración propia basada en Kumar & Herger (2013).

Diferenciación

La gamificación, considerada como estrategia didáctica, tiene una relación cercana con el aprendizaje basado en juegos y con los juegos educativos serios (JES). El aprendizaje basado en juegos se define como el uso de juegos en contextos educativos como parte de los objetivos de aprendizaje (Wiggins, 2016). Aunque este enfoque no depende de modo necesario del uso de herramientas digitales, la presencia creciente de dispositivos móviles entre los estudiantes, aunada al abaratamiento de los dispositivos electrónicos y digitales, y a la facilidad para acceder a internet, hace que sea un tipo de aprendizaje, de facto, relacionado con la tecnología.

El aprendizaje basado en juegos tiene dos variantes. La primera consiste en hacer uso de herramientas educativas de fácil adquisición, como bloques Lego o sistemas Kinect, las cuales presentan una interfaz física para implementar estrategias de aprendizaje basadas en juego, y que han sido aplicadas con éxito en la enseñanza de la ingeniería (Hamada & Sato, 2011).

La segunda variante toma ventaja del uso frecuente de los dispositivos telefónicos inteligentes para desarrollar aplicaciones digitales que ofrezcan plataformas de aprendizaje móvil, y adquiere, usualmente, la forma de juegos de video. Estas aplicaciones ofrecen un gran atractivo a poblaciones que se cuentan en miles de millones, y tienen la ventaja de ofrecer una interfaz asíncrona que permite de manera permanente, móvil y personalizada el control del avance del aprendizaje de las CTIM (Leandro, Perry, Lima & Meléndez, 2018).

Por otra parte, es común encontrar aplicaciones didácticas digitales en la forma de JES, los cuales son considerados como “una aplicación computacional interactiva [...] que ofrece una meta desafiante, es divertida de usar, incorpora algún tipo de puntuación, e imparte al usuario una habilidad, conocimiento o actitud que puede ser aplicada en el mundo real” (Bergeron, 2006, p. 398). Debemos destacar que la gamificación no requiere, necesariamente, el uso de juegos de video, sino que emplea elementos de diseño de juegos con el propósito intencional de promover el logro de objetivos de aprendizaje.

Ambas perspectivas se benefician de una política de uso de recursos cada vez más común en las instituciones educativas, conocida como “Trae tu propio dispositivo”, y permite que los estudiantes lleven al aula sus elementos tecnológicos. Esta política propicia la gamificación de la dinámica de la clase y promueve la integración de las estrategias de aprendizaje basadas en juego mediante el uso de las herramientas de software de JES existentes a un menor costo para las escuelas (Hung, 2017).

Clasificación

Con el propósito de contribuir al análisis conceptual de la gamificación en el aprendizaje de las CTIM, nuestro trabajo plantea una clasificación centrada en el tipo de herramienta reportada por los documentos analizados. Durante esta revisión, emergieron tres dimensiones distintivas de uso de la gamificación, que detallamos a continuación.

Entornos virtuales interactivos

En esta categoría agrupamos aquellos artículos centrados en aportar evidencia empírica de la aplicación de estrategias de gamificación mediante el uso de software en forma de juegos serios aplicados al aprendizaje de un tema de las CTIM. La tabla 3 muestra los documentos seleccionados –y hace referencia a los autores y año de publicación– que reportan un análisis cuantitativo de herramientas de software en forma de JES en la enseñanza de la CTIM. Los estudios mencionados en esta tabla señalan el manejo de un amplio rango de herramientas digitales para implementar los JES, y varían desde el uso de aplicaciones de presentación como PowerPoint hasta herramientas de desarrollo de aplicaciones web, aunque la herramienta de software más citada fue la plataforma de desarrollo de videojuegos Unity.

Algunos ejemplos ilustrativos del uso de la gamificación mediante juegos serios son la Isla de Cristal (Center for Educational Informatics, 2015) y el Juego de Aventura de Exploración Lunar Apolo (Cao, 2017).

Tabla 3. Artículos que analizan el uso de entornos gráficos interactivos

Núm.	Autor y año de publicación	Enfoque del estudio
1	Adams & Clark, 2014	Autoexplicación de respuestas en JES
	Annetta <i>et al.</i> , 2014	Escenarios de preparación y seguridad en laboratorio simulado
3	Lester <i>et al.</i> , 2014	Exploración y narrativa de un entorno virtual
4	Praet & Desoete, 2014	Juegos educativos adaptativos en intervención temprana
5	Gauthier, Corrin & Jenkinson, 2015	Impacto del uso de auxiliar de estudio en línea basado en juego
6	Jagoda, Gilliam, McDonald & Russell, 2015	Análisis de juegos de realidad alternativa fuera de clase
7	Lin, Park, Liebert & Lau, 2015	Uso de plataforma de juegos para favorecer competencias de juicio clínico sobre habilidades técnicas
8	Braghirolli, Ribeiro, Weise & Pizzolato, 2016	JES para enseñar elementos del campo profesional de la ingeniería
9	Derboven, Zaman, Geerts & Grooff, 2016	Juegos educativos en el contexto del hogar
10	Freeman & Higgins, 2016	Motivación en entornos digitales inmersivos
11	Jenson & Droumeva, 2016	Pedagogía centrada en la construcción de juegos
12	Pedersen, Svenningsen, Dohn, Lieberoth & Sherson, 2016	Ejercicios evaluados mediante mecánicas de juego
13	Morley, Khoury & Savić, 2017	Competencia entre pares usando un JES en línea multijugador
14	Peng, Cao & Timalansa, 2017	Manejo de equipo científico simulado en entornos virtuales
15	Sánchez-Martín, Cañada-Cañada & Dávila-Acedo, 2017	Puntuación basada en índice-juego
16	Ameerbakhsh, Maharaj, Hussain & McAdam, 2018	Comparación de métodos de uso de JES
17	De Carvalho <i>et al.</i> , 2018	Promoción de las carreras de ingeniería entre jóvenes
18	Hodges, Wang, Lee, Cohen & Jang, 2018	Uso de ambientes de realidad mezclada en laboratorio
19	Kiili, Moeller & Ninaus, 2018	Evaluación de método de entrenamiento aritmético basado en recta numérica
20	Mellor <i>et al.</i> , 2018	Promoción de la carrera de Química Verde entre jóvenes

21	Perini, Luglietti, Margoudi, Oliveira & Taisch, 2018	Aprendizaje digital basado en juegos
22	Whalen, Berlin, Ekberg, Barletta & Hammersberg, 2018	Pensamiento holístico en JES

Marcos de referencia de la gamificación

En esta categoría incluimos aquellos artículos cuyo propósito principal es proponer teorías, herramientas, metodologías o esquemas para instrumentar la gamificación en la enseñanza de las CTIM, aunque no reportan, necesariamente, evidencia empírica sobre la aplicación de estos instrumentos (ver tabla 4).

Tabla 4. Artículos que analizan o proponen marcos de referencia para la gamificación

Núm.	Autor y año de publicación	Enfoque del estudio
23	Vate-U-Lan, 2015	Encuesta de actitud hacia la enseñanza “gamificada” de las CTIM
24	Riera, Annebicque & Vigário, 2016	Marco de referencia de sistemas humano-máquina en la educación
25	Smith, Shull, Dean, Shen & Michaeli, 2016	Caja de herramientas simbólica para gamificar las matemáticas
26	Fuentes & González, 2017	Modelo TPACK para gamificación
27	Rowe <i>et al.</i> , 2017	Minería de datos educacional en la gamificación
28	Nathan & Walkington, 2017	Teoría de cognición matemática corporizada y fundamentada
29	Anupam, Gupta, Naeemi & JafariNaimi, 2018	Diseño y evaluación de JES
30	Anderson, Dalsen, Kumar, Berland & Steinkuehler, 2018	Influencia del fracaso en las habilidades del pensamiento en un JES
31	Kim & Ho, 2018	Influencia de la risa y el humor en el salón de clases
32	Taub, Azevedo, Bradbury, Millar & Lester, 2018	Valoración de aprendizaje autorregulado y monitoreo metacognitivo durante el uso de un JES

Estrategias educativas basadas en juegos con interfaz física

La tabla 5 incluye las investigaciones que reportan el uso de estrategias de aprendizaje basadas en juegos, cuya instrumentación no está limitada por una interfaz de software, sino que permiten la interacción de forma física con los instrumentos de enseñanza y una interacción social presencial entre los participantes, con lo cual se promueve, de forma activa, mecánicas de juego relacionadas con el trabajo colaborativo y el liderazgo en forma síncrona.

Tabla 5. Artículos que analizan el uso de entornos de aprendizaje con interfaz física

Núm.	Autor y año de publicación	Enfoque del estudio
33	Li, Huang, Jiang & Chang, 2016	Metodología basada en el diseño
34	Chappin, Bijvoet & Oei, 2017	Cambio en aspectos conductuales por medio de juegos
35	Chu, Angello, Saenz & Quek, 2017	Actividades fabricante (<i>maker</i>) integradas al currículo
36	Steghöfer, Burden, Alahyari & Haneberg, 2017	Construcción Lego con metodología <i>Scrum</i>
37	Shih, Huang, Lin & Tseng, 2017	Aprendizaje interdisciplinario basado en juegos
38	Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz, 2017	Corporización y narrativa con sensor <i>Kinect</i>
39	Rodríguez, Díaz, González & González-Miquel, 2018	Metodología de enseñanza mixta con JES, aula invertida e instrucción por pares

El uso de juegos en el diseño instruccional, cuando no está restringido a entornos virtuales, tiene varios efectos positivos; destaca el desarrollo de habilidades tanto sociales como emocionales, y la promoción de interacción y retroalimentación entre pares, lo que conduce a un empoderamiento en los procesos de colaboración entre los participantes (Vlachopoulos & Makri, 2017).

Vinculación

La gamificación, desde una perspectiva educativa, de forma inmediata se vincula al uso de los videojuegos: “En Educación Superior, estos entornos inspirados en los juegos transforman deberes en retos apasionantes, premian a los estudiantes por su dedicación y eficiencia, y ofrecen un espacio para que los líderes surjan de manera natural” (New Media Consortium, 2014, p. 55).

Debido a la importancia que tienen las nuevas tecnologías para el desarrollo económico de las sociedades (Velázquez y Salgado, 2016), existe una creciente investigación acerca de la asociación entre la gamificación y sus efectos en la educación de las CTIM. Sin embargo, hasta el momento, no existen estudios enfocados exclusivamente en el uso de la gamificación en la educación superior de la ciencia y la ingeniería (Ortiz, Chiluita & Valcke, 2016). Si consideramos que existe una creciente demanda de profesionales en las CTIM a nivel global, resulta entonces de gran importancia realizar investigaciones al respecto a fin de contribuir a la formación de científicos e ingenieros de calidad.

La revisión de la literatura científica relevante sobre el impacto de los videojuegos en el campo de la educación sugiere que los juegos digitales pueden ser utilizados con éxito en todas las áreas del conocimiento, aunque hacen falta más estudios acerca del nivel de aprendizaje (Kangas, Koskinen & Krokfors, 2017). Es conveniente que hagamos hincapié, sin embargo, en la necesidad de capacitar a los docentes en las técnicas pedagógicas adecuadas para este enfoque, así como la tecnología involucrada, con la intención de lograr un aprendizaje significativo en el aula mediante estas herramientas.

Desde esta perspectiva, otro punto esencial de vinculación es la estrategia didáctica del aula invertida, definida como un enfoque pedagógico en el cual la noción tradicional del aprendizaje basado en el salón de clases es invertida: los estudiantes conocen el material antes de entrar al aula y el tiempo de clase se ocupa en actividades de resolución de problemas y discusiones grupales dirigidas por el facilitador. Este enfoque tiene una estrecha relación con el concepto de gamificación, ya que las actividades didácticas planificadas e implementadas en forma de JES, al ser interactivas y asíncronas, pueden ser usadas en el salón de clases como parte de la exploración y el aprendizaje propios del aula invertida. Esto es en particular cierto en el caso de la enseñanza de las CTIM, en las que son comunes los simuladores y entornos de laboratorio virtuales (Latulipe, Long & Seminario, 2015).

Método

Existen varios elementos metodológicos mínimos para desarrollar una estrategia instrumental basada en la gamificación, independientemente del medio utilizado para implementarla, aunque es frecuente que este sea a través de un software en la forma de juegos serios. Estos elementos están centrados en el proceso de diseño, el cual abarca trece pasos propuestos por Morschheuser, Hassan, Werder y Hamari (2018), luego de un análisis documental exhaustivo de la literatura científica y entrevistas con expertos en el área de la ingeniería de software de gamificación (ver tabla 6).

Tabla 6. Ejes metodológicos de diseño para aplicar el concepto de gamificación

Núm.	Ejes metodológicos	Actividades clave
1	Análisis de contexto	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer el perfil del usuario • Identificar sus motivaciones • Conocer sus necesidades
2	Objetivos del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar claramente los objetivos del proyecto, de modo que permitan: • Evaluar el éxito de la estrategia instruccional gamificada • Guiar el proceso en general
3	Prueba conceptual	Probar las ideas de gamificación tan pronto como sea posible
4	Proceso iterativo	<p>El diseño de la estrategia gamificada debe seguir un proceso iterativo, que facilite:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La agilidad para verificar continuamente fallas en el diseño • Una rápida corrección de errores • La continua optimización de la experiencia del usuario
5	Conocimiento de dominio	<p>Tener un conocimiento profundo de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño de juegos • Psicología de la motivación • Pedagogía <p>Usualmente se lleva a cabo en equipos interdisciplinarios</p>
6	Valoración de viabilidad	<p>Evaluar si la gamificación es una estrategia viable para lograr los objetivos educativos, considerando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacitación • Herramientas de desarrollo • Cultura organizacional • Recursos disponibles
7	Soporte institucional	<p>Asegurar que los accionistas, directivos y docentes involucrados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprendan el concepto de gamificación y su potencial impacto en la organización • Apoyen el proyecto y estén dispuestos a dar su retroalimentación al respecto
8	Enfoque en el usuario	Verificar que el proyecto tenga en consideración las necesidades de los usuarios finales, y no solo los objetivos organizacionales; el éxito de una estrategia de gamificación depende, en gran medida, de la motivación de los usuarios
9	Uso de métricas	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los criterios o las métricas que serán usadas para evaluar el éxito del proyecto • Las métricas seleccionadas deberán ser claras y permitir valorar si es necesario hacer ajustes durante el desarrollo del proyecto
10	Control de trampas	Limitar las posibilidades de abuso de las mecánicas de juego implementadas, pues esto puede llevar a una baja en la motivación del usuario
11	Monitoreo continuo	Establecer un proceso de monitoreo y optimización permanente para asegurar que la estrategia instruccional gamificada cumpla con las necesidades de usuario
12	Restricciones éticas	Incluir restricciones legales y éticas durante el diseño de la estrategia gamificada para evitar infringir derechos de autor y otras consideraciones similares
13	Involucrar a los usuarios	Tomar en cuenta la retroalimentación del usuario en todas las etapas del diseño para asegurar que cumpla con sus expectativas y necesidades

Fuente: Elaboración propia basada en Morschheuser *et al.* (2018)

Debemos mencionar que diseñar estrategias de gamificación no es equivalente a desarrollar juegos, pues el objetivo no es solo lograr el entretenimiento del usuario, sino llevar a este a un cambio de conducta, lo cual implica el trabajo de un equipo interdisciplinario con conocimientos del área de dominio, psicología, pedagogía y, con frecuencia, ingeniería de software (Huotari & Hamari, 2017).

Ejemplificación

A continuación, presentamos el contexto de un caso que permite ilustrar algunos de los ejes metodológicos expuestos en el apartado anterior. El sistema del Tecnológico Nacional de México (TecNM) cuenta con más de 200 institutos tecnológicos que ofrecen una selección de carreras de ingeniería acordes con las necesidades regionales de cada entidad. El sistema tiene establecida como una meta a mediano plazo llevar su oferta educativa a un porcentaje significativo de la población joven del país que no tiene los recursos para estudiar de manera presencial una carrera en alguno de los institutos tecnológicos, por lo cual propone una modalidad de educación a distancia abierta a la población que utilice una estrategia instruccional basada en el aula invertida; esto, con la idea de aumentar el número de ingenieros egresados del TecNM.

Uno de los mayores obstáculos que enfrenta el proyecto es el bajo índice de eficiencia terminal; entre las causas, podemos mencionar una alta reprobación en las materias de ciencias básicas ofrecidas en los primeros semestres y la falta de recursos para instalar laboratorios adecuados en todas las escuelas del sistema.

En este caso particular, asumimos que el objetivo es lograr una mayor retención de estudiantes en los primeros semestres y motivar a los alumnos de las asignaturas de física a continuar sus estudios de ingeniería; del mismo modo, promover una mejora en la comprensión de los temas relacionados para obtener un mayor rendimiento académico y, así, disminuir los índices de reprobación (ver tabla 7).

Tabla 7. Ejemplificación de la aplicación de la metodología del concepto

Núm.	Ejes metodológicos	Actividades clave
1	Análisis de contexto	Los usuarios son los estudiantes de las asignaturas de física en las carreras de ingeniería del TecNM. Su principal motivación es alcanzar un aprendizaje significativo del tema de forma que les resulte atractivo y les permita continuar con sus estudios. Debido a la carga académica asignada en los primeros semestres y a un alto índice de reprobación en las materias de ciencias básicas, necesitan estar motivados para continuar con su proceso de aprendizaje y poder asociar el conocimiento adquirido en asignaturas como las matemáticas, con los conceptos de física
2	Objetivos del proyecto	Se ha identificado la presencia de preconcepciones erróneas como una de las principales causas del bajo rendimiento académico. El objetivo del proyecto es diseñar una estrategia instruccional basada en la gamificación para promover un cambio conceptual en los preconcepciones erróneas de física de los estudiantes
3	Prueba conceptual	Se propone el uso de la física de los superhéroes como base narrativa para el planteamiento de actividades en una estrategia de aprendizaje basada en resolución de problemas, la cual será implementada como un JES y probada de manera escalonada conforme se desarrolle el sistema de software
4	Proceso iterativo	Se establecen mecanismos de evaluación del software mediante encuestas de retroalimentación con estudiantes y docentes que hagan uso del sistema, con una generación automática de reportes y análisis estadístico de uso y resultados del sistema
5	Conocimiento de dominio	Se involucra en el desarrollo del proyecto a docentes del área de ciencias básicas, ingenieros del centro de cómputo encargados del desarrollo de software, y personal del departamento de desarrollo académico responsable de los procesos de asesoría psicológica a los estudiantes
6	Valoración de viabilidad	Se analizan los recursos disponibles en el centro de cómputo del instituto. Se determina si los objetivos del proyecto son compatibles con el plan de desarrollo institucional. Se proponen procesos de capacitación continua al personal docente para familiarizarse con el sistema de software y la estrategia instruccional. En caso de contar con los recursos, y luego de determinar la pertinencia de los objetivos y la capacitación propuestos, se procede con la siguiente etapa

7	Soporte institucional	Se organizan reuniones informativas de manera periódica con los actores involucrados en el proyecto, en las que se explica el planteamiento y las bases que lo sustentan. Se toma en consideración la retroalimentación obtenida en estas sesiones de trabajo y se evalúa el nivel de comprensión de los objetivos del proyecto y la información pertinente para aclarar dudas. Se promueve una política de tipo "Trae tu propio dispositivo" y se brindan facilidades para lograr una conectividad adecuada dentro de las instalaciones
8	Enfoque en el usuario	Se llevan a cabo encuestas entre los estudiantes para determinar si se han cumplido sus expectativas. Se realizan entrevistas con los docentes del área de física para conocer sus opiniones y sugerencias
9	Uso de métricas	Se aplican inventarios conceptuales para evaluar la presencia de preconceptos erróneos de la física entre los estudiantes. Se realiza un análisis estadístico comparativo entre las respuestas de grupos control que han seguido la instrumentación didáctica convencional y los grupos experimentales que han usado la herramienta gamificada
10	Control de trampas	Se establecen límites a las acciones que pueden llevar a cabo en el espacio virtual los estudiantes, y se facilita el uso de mecánicas de juego específicas que promuevan el aprendizaje, basadas en la retroalimentación del personal docente
11	Monitoreo continuo	Se ofrecen espacios virtuales que promueven la participación de todos los usuarios, tanto en formatos estructurados como en redes sociales. Periódicamente, se efectúan análisis comparativos en forma automática usando registros históricos del comportamiento de las calificaciones de las asignaturas de física en cada unidad del programa de estudios
12	Restricciones éticas	Se fomenta el uso de herramientas de código abierto entre los usuarios y se ofrecen, periódicamente, charlas informativas entre los estudiantes para explicar la importancia de respetar las normas de la ética y los derechos de autor en entornos digitales. Se establecen rúbricas de evaluación que consideran aspectos éticos como parte de la calificación de las actividades de aprendizaje, con especial atención en el repudio al plagio
13	Involucrar a los usuarios	Se invita a grupos de estudiantes interesados en participar en el desarrollo del proyecto en todas sus etapas, y se promueve su participación, ya sea como programadores o como supervisores de procesos de calidad en el desarrollo del sistema

Fuente: Elaboración propia basada en Morschheuser *et al.* (2018)

CONCLUSIONES

La gamificación es una estrategia de enseñanza que ha ganado interés creciente en el ámbito educativo por su facilidad de integración con entornos de aprendizaje digitales. Sin embargo, este concepto suele confundirse con otros similares como aprendizaje basado en juegos o juegos educativos serios.

La falta de un estudio conceptual de la gamificación en los procesos de aprendizaje de las CTIM provoca ambigüedades respecto al uso de la estrategia didáctica más adecuada para tal fin. El propósito de esta investigación documental, realizada con el método de la cartografía conceptual, fue hacer una distinción entre las estrategias más utilizadas al momento de aplicar orientaciones educativas lúdicas en el aprendizaje.

Existe un interés creciente entre la comunidad científica sobre los efectos del uso de la gamificación en los niveles educativos de todas las edades (Girard, Ecalle & Magnan, 2013). La literatura especializada ve con optimismo el desarrollo de la gamificación en la educación de las CTIM, y es de esperarse una proliferación en el uso de estrategias didácticas basadas en este enfoque en los próximos años; esto, si consideramos el acceso creciente a dispositivos digitales móviles, ante todo entre la población joven.

Sin embargo, fue relevante que los artículos analizados sobre la gamificación, en su mayoría, describen investigaciones empíricas cuantitativas del resultado de aplicar JES en la enseñanza y hacer uso de una variedad de instrumentos que incluyen

videojuegos, construcción con piezas Lego e interacción con Kinect, entre otras herramientas. Datos destacados muestran que el 79% de las investigaciones reportan el uso de software en forma de entornos virtuales interactivos.

Esto también se refleja en el enfoque del aprendizaje basado en juegos, en el cual la mayoría de las investigaciones analizadas están centradas en comparar la efectividad de implementar juegos educativos en línea con opciones instruccionales convencionales.

Por otro lado, existen pocos estudios encaminados a proponer o evaluar marcos de referencia y modelos de aprendizaje usando la gamificación. Hay evidencia documental de que el aprendizaje basado en la gamificación ha sido empleado con éxito en la educación superior, así como en una amplia variedad de países, temas, culturas y formatos (Subhash & Cudney, 2018). La gamificación puede convertirse en un método importante para motivar al estudiante y despertar su creatividad en la solución de problemas complejos (Zatarain, 2018), lo cual hace de este enfoque educativo una opción adecuada para su aplicación en el aprendizaje de las CTIM.

A pesar de la gran cantidad de literatura acerca de la gamificación y sus efectos en la educación, hasta el momento no hay estudios enfocados exclusivamente al uso de esta en la educación de la ciencia e ingeniería (Ortiz, Chiluíza & Valcke, 2016). De esto, podemos concluir que, aun cuando el concepto gamificación despierta mucho interés y aumenta el número de investigaciones al respecto, todavía falta un cuerpo teórico general que permita establecer un marco de referencia para modelar y dar una explicación satisfactoria a este fenómeno, empezando por la carencia de definiciones compartidas o una taxonomía necesaria para una clasificación común de este concepto, lo que resulta en ambigüedades en la terminología utilizada (Klabbers, 2009).

Aunque esta cartografía conceptual presenta un análisis exhaustivo de los artículos publicados en revistas indizadas, con las características señaladas, debe subrayarse que se presenta una limitante en los resultados obtenidos, dado que no fue considerada la literatura gris como fuente información, a pesar de que, al recurrir a las bases de datos científicas, encontramos que, por cada artículo en una publicación arbitrada, identificamos varios documentos relacionados con el tema, reportados en conferencias, congresos, manuales, entre otros. Este criterio de exclusión fue adoptado para establecer un nivel de confiabilidad en la información recopilada.

La cartografía conceptual desarrollada sugiere que se está presentando un cambio pedagógico: de un entorno centrado en la clase a uno enfocado en el estudiante, y que el uso creciente de juegos como tecnologías innovadoras de aprendizaje requiere una profunda transformación de la educación en las CTIM. No obstante, hace falta más investigación conceptual y empírica para fundamentar las decisiones pedagógicas al respecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, D. M. & Clark, D. B. (2014). Integrating self-explanation functionality into a complex game environment: Keeping gaming in motion. *Computers & Education*, vol. 73, pp. 149-159. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.002>

- Ameerbakhsh, O., Maharaj, S., Hussain, A. & McAdam, B. (2018). A comparison of two methods of using a serious game for teaching marine ecology in a university setting. *International Journal of Human-Computer Studies*. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.07.004>
- Anderson, C. G., Dalsen, J., Kumar, V., Berland, M. & Steinkuehler, C. (2018). Failing up: How failure in a game environment promotes learning through discourse. *Thinking Skills and Creativity*. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.03.002>
- Annetta, L., Lamb, R., Minogue, J., Folta, E., Holmes, S., Vallett, D. & Cheng, R. (2014). Safe science classrooms: Teacher training through serious educational games. *Information Sciences*, vol. 264, pp. 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2013.10.028>
- Anupam, A., Gupta, R., Naeemi, A. & JafariNaimi, N. (2018). Particle in a box: An experiential environment for learning introductory quantum mechanics. *IEEE Transactions on Education*, vol. 61, núm. 1, pp. 29-37. <https://doi.org/10.1109/TE.2017.2727442>
- Area, M. y González González, C. (2015). De la enseñanza con libros de texto al aprendizaje en espacios online gamificados. *Revista Educatio Siglo XXI*, vol. 33. <https://doi.org/10.6018/j/240791>
- Bergeron, B. (2006). Appendix A: Glossary. En *Developing serious games* (p. 398). Hingham: Charles River Media.
- Bermeo Yaffar, F., Hernández Mosqueda, S. y Tobón, S. (2016). Análisis documental de la V heurística mediante la cartografía conceptual. *Ra Xim Hai*, vol. 12, pp. 103-121. <https://doi.org/10.35197/rx.12.01.e3.2016.05.fb>
- Berns, A., Palomo-Duarte, M., Doderó, J. M. & Valero Franco, C. (2013). *Using 3-D online games to assess students' foreign language acquisition and communicative competence*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40814-4-3>
- Bogost, I. (2011). *Gamification is bullshit*. *The Atlantic*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/273946902_Gamification_Is_Bullshit
- Braghirolli, L. F., Ribeiro, J. L. D., Weise, A. D. & Pizzolato, M. (2016). Benefits of educational games as an introductory activity in industrial engineering education. *Computers in Human Behavior*, vol. 58, pp. 315-324. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.063>
- Burke, B. (2014). *Gamify: How gamification motivates people to do extraordinary things*. Bibliomotion, Inc.
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, vol. 70, núm. 1, pp. 30-35.
- Cao, L. (2017). *Apollo Lunar Roving Adventure Game*. Recuperado de <http://www.lizhoucao.com/project/apollo-lunar-roving-adventure-game>
- Center for Educational Informatics (2015). *Crystal Island: Uncharted discovery*. Recuperado de <http://projects.intellimedia.ncsu.edu/uncharteddiscovery/>
- Chappin, E. J. L., Bijvoet, X. & Oei, A. (2017). Teaching sustainability to a broad audience through an entertainment game –The effect of Catan: Oil Springs. *Journal of Cleaner Production*, vol. 156, pp. 556-568. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.069>
- Chu, S. L., Angello, G., Saenz, M. & Quek, F. (2017). Fun in making: Understanding the experience of fun and learning through curriculum-based Making in the elementary school classroom. *Entertainment Computing*, vol. 18, pp. 31-40. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2016.08.007>

- De Carvalho, C. V., Caeiro-Rodriguez, M., Llamas Nistal, M., Hromin, M., Bianchi, A., Heidmann, O. & Metin, A. (2018). Using video games to promote engineering careers. *International Journal of Engineering Education*, vol. 34, núm. 2, A, pp. 388-399.
- De-Marcos, L., García-Cabot, A. & García, E. (2017). *Towards the social gamification of e-learning: A practical experiment* (vol. 33, pp. 66-73). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/316664417_Towards_the_social_gamification_of_e-learning_A_practical_experiment
- Derboven, J., Zaman, B., Geerts, D. & Grooff, D. De. (2016). Playing educational math games at home: The Monkey Tales case. *Entertainment Computing*, vol. 16, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2016.05.004>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining gamification. En *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, MindTrek 2011* (vol. 11, pp. 9-15). <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista* (2ª. ed.). Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana.
- Flatla, D. R., Gutwin, C., Nacke, L. E., Bateman, S. & Mandryk, R. L. (2011). Calibration games: Making calibration tasks enjoyable by adding motivating game elements. En *Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology* (pp. 403-412). Nueva York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2047196.2047248>
- Freeman, B. & Higgins, K. (2016). A randomised controlled trial of a digital learning game in the context of a design-based research project. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, vol. 8, núm. 3-4, pp. 297-317. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2016.10001504>
- Fuentes Hurtado, M. & González Martínez, J. (2017). Secondary teachers training needs to implement gamified experiences in STEM. *RED-Revista de Educación a Distancia*, núm. 54. <https://doi.org/10.6018/red/54/8>
- Gauthier, A., Corrin, M. & Jenkinson, J. (2015). Exploring the influence of game design on learning and voluntary use in an online vascular anatomy study aid. *Computers & Education*, vol. 87, pp. 24-34. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.017>
- Girard, C., Ecalle, J. & Magnan, A. (2013). Serious games as new educational tools: How effective are they? A meta-analysis of recent studies. *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 29. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00489.x>
- Hamada, M. & Sato, S. (2011). A game-based learning system for theory of computation using Lego NXT Robot. *Procedia Computer Science*, vol. 4, pp. 1944-1952. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2011.04.212>
- Hodges, G. W., Wang, L., Lee, J., Cohen, A. & Jang, Y. (2018). An exploratory study of blending the virtual world and the laboratory experience in secondary chemistry classrooms. *Computers & Education*, vol. 122, pp. 179-193. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.003>
- Hung, H.-T. (2017). Clickers in the flipped classroom: Bring your own device (BYOD) to promote student learning. *Interactive Learning Environments*, vol. 25, núm. 8, pp. 983-995. <https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1240090>
- Huotari, K. & Hamari, J. (2017). A definition for gamification: Anchoring gamifi-

- cation in the service marketing literature. *Electronic Markets*, vol. 27, núm. 1, pp. 21-31. <https://doi.org/10.1007/s12525-015-0212-z>
- Jagoda, P., Gilliam, M., McDonald, P. & Russell, C. (2015). Worlding through Play Alternate Reality Games, Large-Scale Learning, and The Source. *American Journal of Play*, vol. 8, núm. 1, pp. 74-100.
- Jenson, J. & Droumeva, M. (2016). Exploring media literacy and computational thinking: A game maker curriculum study. *Electronic Journal of E-Learning*, vol. 14, núm. 2, pp. 111-121.
- Johnson-Glenberg, M. C. & Megowan-Romanowicz, C. (2017). Embodied science and mixed reality: How gesture and motion capture affect physics education. *Cognitive Research: Principles and Implications*, vol. 2, núm. 1, p. 24. <https://doi.org/10.1186/s41235-017-0060-9>
- Kangas, M., Koskinen, A. & Krokfors, L. (2017). A qualitative literature review of educational games in the classroom: The teacher's pedagogical activities. *Teachers and Teaching*, vol. 23, núm. 4, pp. 451-470. <https://doi.org/10.1080/13540602.2016.1206523>
- Kapp, K. (2012). *The gamification of learning and instruction. Game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer.
- Kiili, K., Moeller, K. & Ninaus, M. (2018). Evaluating the effectiveness of a game-based rational number training -In-game metrics as learning indicators. *Computers & Education*, vol. 120, pp. 3-28. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.01.012>
- Kim, B. & Ho, W. (2018). Emergent social practices of Singapore students: The role of laughter and humour in educational gameplay. *International Journal of Child-Computer Interaction*, vol. 16, pp. 85-99. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.01.001>
- Klabbers, J. (2009). Terminological ambiguity: Game and simulation. *Simulation & Gaming -Simulat Gaming*, vol. 40, pp. 446-463. <https://doi.org/10.1177/1046878108325500>
- Kumar, J. & Herger, M. (2013). *Gamification at work: Designing engaging business software*. The Interaction Design Foundation. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262312974_Gamification_at_Work_Designing_Engaging_Business_Software
- Lathrop, C. & Mackenzie, M. E. (2001). *The Commission on National Security / 21st Century: A Hart-Rudman Commission Primer*. Recuperado de <https://www.ousa.org/sites/default/files/NSW-01-2-The-Commission-on-National-Security-21st-Century-A-Hart-Rudman-Commission-Primer.pdf>
- Latulipe, C., Long, B. & Seminario, C. (2015). Structuring flipped classes with lightweight teams and gamification. En *SIGCSE '15 Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 392-397). <https://doi.org/10.1145/2676723.2677240>
- Leandro Eichler, M., Perry, G., Lima Lucchesi, I. & Meléndez, T. (2018). Mobile game-based learning in STEM subjects.
- Lee, J. & Hammer, J. (2011). Gamification in education: What, how, why bother? *Academic Exchange Quarterly*, vol. 15, pp. 1-5. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/258697764_Gamification_in_Education_What_How_Why_Bother

- Lester, J. C., Spires, H. A., Nietfeld, J. L., Minogue, J., Mott, B. W. & Lobene, E. V. (2014). Designing game-based learning environments for elementary science education: A narrative-centered learning perspective. *Information Sciences*, vol. 264, pp. 4-18. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2013.09.005>
- Lin, D. T., Park, J., Liebert, C. A. & Lau, J. N. (2015). Validity evidence for surgical improvement of clinical knowledge ops: A novel gaming platform to assess surgical decision making. *The American Journal of Surgery*, vol. 209, núm. 1, pp. 79-85. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2014.08.033>
- Li, Y., Huang, Z., Jiang, M. & Chang, T.-W. (2016). The effect on pupils' science performance and problem-solving ability through Lego: An engineering design-based modeling approach. *Educational Technology & Society*, vol. 19, núm. 3, SI, pp. 143-156.
- Llorens, F., Durán, F. J., Villagrà, C., Rosique, P., Satorre-Cuerda, R. & Molina-Carmona, R. (2016). Gamification of the learning process: Lessons learned. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 11, p. 1. <https://doi.org/10.1109/RITA.2016.2619138>
- Locke, J. (1986). *Pensamientos sobre la educación* (traducción). Madrid: Akal.
- Marín, I. y Hierro, E. (2013). *Gamificación: el poder del juego en la gestión empresarial y la conexión con los clientes*. Barcelona: Urano/Empresa Activa.
- Mellor, K. E., Coish, P., Brooks, B. W., Gallagher, E. P., Mills, M., Kavanagh, T. J. & Anastas, P. T. (2018). The safer chemical design game. Gamification of green chemistry and safer chemical design concepts for high school and undergraduate students. *Green Chemistry Letters and Reviews*, vol. 11, núm. 2, pp. 103-110. <https://doi.org/10.1080/17518253.2018.1434566>
- Morley, M. S., Khoury, M. & Savić, D. A. (2017). Serious game approach to water distribution system design and rehabilitation problems. *Procedia Engineering*, vol. 186, pp. 76-83. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.213>
- Morschheuser, B., Hassan, L., Werder, K. & Hamari, J. (2018). How to design gamification? A method for engineering gamified software. *Information and Software Technology*, vol. 95, pp. 219-237. <https://doi.org/10.1016/j.INFSOF.2017.10.015>
- Nathan, M. J. & Walkington, C. (2017). Grounded and embodied mathematical cognition: Promoting mathematical insight and proof using action and language. *Cognitive Research -Principles and Implications*, vol. 2. <https://doi.org/10.1186/s41235-016-0040-5>
- New Media Consortium (2014). *Horizon Report. Edición Educación Superior*. Recuperado de <https://conectate.uniandes.edu.co/images/pdf/2014-nmc-horizon-report-es-official.pdf>
- Ortiz, M., Chiluiza, K. & Valcke, M. (2016). *Gamification in higher education and STEM: A systematic review of literature* (pp. 6548-6558). <https://doi.org/10.21125/edulearn.2016.0422>
- Pedersen, M. K., Svenningsen, A., Dohn, N. B., Lieberoth, A. & Sherson, J. (2016). DiffGame: Game-based mathematics learning for physics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 228, pp. 316-322. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.07.047>
- Peng, C., Cao, L. & Timalsena, S. (2017). Gamification of Apollo lunar exploration missions for learning engagement. *Entertainment Computing*, vol. 19, pp. 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2016.12.001>

- Perini, S., Luglietti, R., Margoudi, M., Oliveira, M. & Taisch, M. (2018). Learning and motivational effects of digital game-based learning (DGBL) for manufacturing education –The Life Cycle Assessment (LCA) game. *Computers in Industry*, vol. 102, pp. 40-49. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.08.005>
- Praet, M. & Desoete, A. (2014). Enhancing young children's arithmetic skills through non-intensive, computerised kindergarten interventions: A randomised controlled study. *Teaching and Teacher Education*, vol. 39, pp. 56-65. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.12.003>
- Revelo, O., Collazos, C. A. y Jiménez-Toledo, J. (2018). La gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: un mapeo sistemático de literatura. *Lámpsakos*, núm. 19, pp. 31-46. <https://doi.org/10.21501/21454086.2347>
- Riera, B., Annebicque, D. & Vigário, B. (2016). HOME I/O: An example of human-machine systems concepts applied to STEM education. *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, núm. 19, pp. 233-238. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.10.530>
- Rodríguez, M., Díaz, I., González, E. J. & González-Miquel, M. (2018). Motivational active learning: An integrated approach to teaching and learning process control. *Education for Chemical Engineers*, vol. 24, pp. 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2018.06.003>
- Rowe, E., Asbell-Clarke, J., Baker, R. S., Eagle, M., Hicks, A. G., Barnes, T. M. & Edwards, T. (2017). Assessing implicit science learning in digital games. *Computers in Human Behavior*, vol. 76, pp. 617-630. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.043>
- Sailer, M., Hensen, J. U., Mayr, S. & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, núm. 69, pp. 371-380. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>
- Sánchez-Martín, J., Cañada-Cañada, F. & Dávila-Acedo, M. A. (2017). Just a game? Gamifying a general science class at university: Collaborative and competitive work implications. *Thinking Skills and Creativity*, vol. 26, pp. 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.05.003>
- Seixas, L., Gomes, A. & Melo Filho, I. (2016). Effectiveness of gamification in the engagement of students. *Computers in Human Behavior*, vol. 58, pp. 48-63. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.021>
- Shih, J.-L., Huang, S.-H., Lin, C.-H. & Tseng, C.-C. (2017). STEAMing the ships for the great voyage: Design and evaluation of a technology-integrated maker game. *Interaction Design and Architectures*, núm. 34, SI, pp. 61-87.
- Smith, K., Shull, J., Dean, A., Shen, Y. & Michaeli, J. (2016). SiGMA: A software framework for integrating advanced mathematical capabilities in serious game development. *Advances in Engineering Software*, vol. 100, pp. 319-325. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2016.08.007>
- Smithsonian Science Education Center (2019). *The STEM imperative*. Recuperado de <https://ssec.si.edu/stem-imperative>
- Steghöfer, J.-P., Burden, H., Alahyari, H. & Haneberg, D. (2017). No silver brick: Opportunities and limitations of teaching Scrum with Lego workshops. *Journal of Systems and Software*, vol. 131, pp. 230-247. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.06.019>

- Subhash, S. & Cudney, E. (2018). *Gamified learning in higher education: A systematic review of the literature*. *Computers in human behavior* (Vol. 87). <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.05.028>
- Taub, M., Azevedo, R., Bradbury, A. E., Millar, G. C. & Lester, J. (2018). Using sequence mining to reveal the efficiency in scientific reasoning during STEM learning with a game-based learning environment. *Learning and Instruction*, vol. 54, pp. 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.08.005>
- The EU Framework for Research and Innovation (2011). *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the council establishing Horizon 2020 -The Framework Programme for Research and Innovation (2014-2020)*. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011PC0809&from=EN>
- Tobón, S. (2012). *Cartografía conceptual: estrategia para la formación y evaluación de conceptos y teorías*. México: CIFE.
- Valle, A., González-Cabanach, R., Cuevas-González, L. M. y Fernández- Suárez, A. P. (1998). Las estrategias de aprendizaje: características básicas y su relevancia en el contexto escolar. *Revista de Psicodidáctica*, núm. 6, pp. 53-68. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/175/17514484006.pdf>
- Vate-U-Lan, P. (2015). Transforming classrooms through game-based learning: A feasibility study in a developing country. *International Journal of Game-Based Learning*, vol. 5, núm. 1, pp. 46-57. <https://doi.org/10.4018/ijg-bl.2015010104>
- Velázquez, G. y Salgado, J. (2016). Innovación tecnológica: un análisis del crecimiento económico en México (2002-2012: proyección a 2018). *Análisis Económico*, vol. XXXI, núm. 78, pp. 145-170. Recuperado de <http://www.analisis-economico.azc.uam.mx/index.php/rae/article/view/46>
- Villagrasa, S., Fonseca, D., Redondo, E. & Duran, J. (2014). Teaching case of gamification and visual technologies for education. *Journal of Cases on Information Technology*, vol. 16, núm. 4, pp. 38-57. <https://doi.org/10.4018/jcit.2014100104>
- Villegas, B. & Alvarado, E. (2017). *Gamification, a didactic strategy in higher education* (pp. 6761-6771). <https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.2548>
- Vlachopoulos, D. & Makri, A. (2017). The effect of games and simulations on higher education: A systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 14, núm. 1, p. 22. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0062-1>
- Whalen, K. A., Berlin, C., Ekberg, J., Barletta, I. & Hammersberg, P. (2018). 'All they do is win': Lessons learned from use of a serious game for Circular Economy education. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 135, pp. 335-345. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.021>
- Wiggins, B. (2016). An overview and study on the use of games, simulations, and gamification in higher education. *International Journal of Game-Based Learning*, vol. 6. <https://doi.org/10.4018/IJGBL.2016010102>
- Zatarain Cabada, R. (2018). Reconocimiento afectivo y gamificación aplicados al aprendizaje de lógica algorítmica y programación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, vol. 20, núm. 3, pp. 115-125. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/327534627_Reconocimiento_afectivo_y_gamificacion_aplicados_al_aprendizaje_de_Logica_algoritmica_y_programacion