

# Trends of Digital Games in Engineering Learning: A Science Mapping Analysis

Eliseo Zarate-Perez, PhDc<sup>1</sup>, Kelly Ferreira, Master<sup>2</sup>, Manuel Azpilcueta-Vasquez, Master<sup>3</sup>, Cesar Santos-Mejia, PhD<sup>4</sup>, Marllury Melgarejo-Alcántara, Master<sup>1</sup>, Jessica Ramos-Moreno, Master<sup>1</sup>, and Cornejo-Carbajal, PhDc<sup>1</sup>

<sup>1,3,4</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Peru, eliseo.zarate@upn.edu.pe, marllury.melgarejo@upn.edu.pe, jessica.ramos@upn.edu.pe, cecilia.cornejo@upn.edu.pe

<sup>2</sup> Universidade Federal Fluminense (UFF), kelly\_ferreira@id.uff.br

<sup>3</sup> Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Peru, 2019318824@unfv.edu.pe

<sup>4</sup> Universidad Nacional del Callao (UNAC), Peru, casantosm@unac.edu.pe

*Abstract– The objective of this study was to review the literature on digital game-based learning (DG) in engineering education for the period 2002-2022. The process for elaborating the bibliometric study on DG includes a scientific mapping approach using the SciMAT analysis tool. The results indicate that the overlay map presents a stability index of 65%, showing a consistent thematic development. In the period 2002-2016, the topics captured with SciMAT involve serious games, learning games, simulation games and game-based learning. The most prominent topics for the period 2017-2022 on the evolution map are students' performance, online learning environment, video game, simulation games, and educational video games. In the context of engineering, simulations games can potentially be used to develop and analyze difficult concepts in different subjects. These applications relate to dangerous or expensive environments that would otherwise have been inaccessible for classroom use. However, to sustain progress in the use of DG learning in engineering education, there should be more studies on its effectiveness. Therefore, promoting the development of interdisciplinary applications involving students from different engineering specialties could contribute to the development and application of DG in this important area of learning.*

*Keywords– Digital game-based learning, engineering education, scientific mapping, SciMAT.*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

# Tendencias de los Juegos Digitales en el Aprendizaje de Ingeniería: Un Análisis de Mapeo Científico

Eliseo Zarate-Perez, PhD<sup>1</sup>, Kelly Ferreira, Master<sup>2</sup>, Manuel Azpilcueta-Vasquez, Master<sup>3</sup>, Cesar Santos-Mejia, PhD<sup>4</sup>, Marlury Melgarejo-Alcántara, Master<sup>1</sup>, Jessica Ramos-Moreno, Master<sup>1</sup>, and Cornejo-Carbajal, PhD<sup>1</sup>

<sup>1,3,4</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Peru, eliseo.zarate@upn.edu.pe, marlury.melgarejo@upn.edu.pe, jessica.ramos@upn.edu.pe, cecilia.cornejo@upn.edu.pe

<sup>2</sup> Universidade Federal Fluminense (UFF), kelly\_ferreira@id.uff.br

<sup>3</sup> Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Peru, 2019318824@unfv.edu.pe

<sup>4</sup> Universidad Nacional del Callao (UNAC), Peru, casantosm@unac.edu.pe

**Resumen**– El objetivo de este estudio fue revisar la literatura sobre el aprendizaje basado en juegos digitales (DG) en la educación en ingeniería para el periodo 2002-2022. El proceso para la elaboración del estudio bibliométrico sobre DG comprende un enfoque de mapeo científico utilizando la herramienta de análisis SciMAT. Los resultados muestran que el mapa superpuesto presenta un índice de estabilidad del 65 %, mostrando un desarrollo temático consistente. En el periodo 2002-2016, los temas capturados con el SciMAT involucran a serious games, learning games, simulation games y game based learning. Mientras que para el periodo 2017-2022 los temas más destacados en mapa de evolución son students performance, online learning environment, video game, simulation games, y educational video games. En el contexto de la ingeniería, los juegos de simulaciones (simulations games) pueden usarse potencialmente para desarrollar y analizar conceptos difíciles en diferentes materias. Estas aplicaciones se relacionan con los entornos peligrosos o costosos a los que de otro modo hubiera sido imposible acceder para uso en el aula. No obstante, para sostener el progreso en el empleo del aprendizaje de DG en la educación en ingeniería se deben realizar más estudios sobre su efectividad. Por lo tanto, promover el desarrollo de aplicaciones interdisciplinarias que involucraran a estudiantes de diferentes especialidades de ingeniería podría contribuir en el desarrollo y aplicación de los DG en esta importante área de aprendizaje.

**Palabras clave**– Aprendizaje digital basado en juegos, educación en ingeniería, mapeo científico, SciMAT.

## I. INTRODUCCIÓN

Identificar un método educativo que pueda simular y contextualizar fenómenos complejos de manera realista puede no ser fácil para los educadores. Los métodos de aprendizaje basado en juegos han sido reconocidos como una solución prometedora en la educación superior [1]. Ellos han atraído un interés considerable en las comunidades educativas y de investigación como un método de enseñanza que proporciona un entorno de aprendizaje activo y motivador. En tal sentido, se cree que pueden mejorar las habilidades cognitivas, afectivas y psicomotoras en diferentes áreas académicas [2].

Los juegos utilizados en las aulas pueden diferir de juegos no digitales, como juegos de mesa; y los (*Digital Games - DG*) juegos digitales que involucran el uso de diferentes dispositivos electrónicos. Si bien, estos tipos de juegos y gamificación se utilizan en la educación en ingeniería, generalmente existe una preferencia cada vez mayor por los

DG [3]. Los avances tecnológicos y el costo relativamente debajo de los dispositivos electrónicos han impulsado el empleo de DG para proporcionar entornos de aprendizaje altamente interactivos.

Particularmente, el aprendizaje basado en DG, conocido como un método de instrucción que integra contenidos educativos en videojuegos, se utiliza en diversas disciplinas [4]. Los DG utilizados para el aprendizaje se pueden categorizar en dos grupos: juegos de entretenimiento y juegos educativos o serios. Los juegos de entretenimiento digital son diseñados específicamente para fines de diversión, recreación o entretenimiento. Los juegos educativos o serios son diseñados para generar resultados de aprendizaje específicos, además de la diversión. En tal sentido, ellos promueven el aprendizaje y los cambios de comportamiento [2].

En la literatura se encuentra revisiones importantes que han explorado los efectos de los juegos de aprendizaje en el desempeño de los estudiantes. La mayoría de estas revisiones sintetizaron juegos de aprendizaje en una amplia gama de disciplinas, como ciencia, tecnología, matemáticas, idiomas y áreas sociales [5]. Sin embargo, se considera ampliamente que la ingeniería es un área fundamental y requiere de estudios de revisiones sobre la aplicación de los DG en sus diferentes disciplinas. Se cree que la enseñanza y el aprendizaje de las ingenierías requieren habilidades diferentes en comparación con otras materias. Como tal, los juegos diseñados y empleados para la educación en esta área del conocimiento y formación pueden diferir de los de otras materias.

Algunos estudios de revisión se centraron en evaluar el impacto de los juegos en el aprendizaje de algunas disciplinas de ingenierías. Por ejemplo, en [6] se abordó una revisión sistemática sobre el aprendizaje basado en juegos para la enseñanza en matemática. Los autores concluyeron que los juegos de aprendizaje promovieron los resultados de aprendizaje específicos, además de fomentar la motivación y las actitudes positivas de los estudiantes hacia el aprendizaje. Similarmente, en [7] se realizó una revisión bibliométrica de 24 estudios para determinar los efectos de los juegos de aprendizaje en el rendimiento de estudiantes de ingeniería. Los resultados mostraron que los juegos de aprendizaje condujeron a mejoras. Otros estudios se centraron en determinar la calidad de las aplicaciones de juegos de aprendizaje en la disciplina de

matemáticas, para determinar el desempeño según los estándares de contenido y proceso [8].

Aunque varios estudios han demostrado que los DG se están adoptando ampliamente para la educación, se han informado menos aplicaciones en el dominio de la ingeniería [2]. Sin embargo, en [9] se presenta un estudio de revisión donde se mostró un aumento en el número de estudios de gamificación y aprendizaje basado en juegos para la educación universitaria en ingeniería. Ello es debido a que a los estudiantes de ingeniería se les enseña a aplicar conocimientos y habilidades técnicas para resolver problemas del mundo real de una manera responsable, ética, eficiente y sostenible.

Es por ello, que se cree beneficioso comprender cómo se utilizan los DG para la educación en ingeniería; y de qué forma proporcionan conocimientos sobre sus aplicaciones. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es revisar la literatura sobre el aprendizaje basado en DG en la educación en ingeniería para el periodo 2002-2022. Para ello, se emplea el procedimiento de revisión bibliométrica con un enfoque de mapeo científico. La bibliometría es una disciplina relativamente madura que permite un análisis detallado de los temas de investigación de la literatura existente y las relaciones de citas entre ellos [10]. Los métodos y herramientas de software de investigación bibliométrica son capaces de cuantificar y analizar la literatura con precisión, produciendo descripciones confiables del tema de interés.

## II. METODOLOGÍA

En esta sección se describe el proceso para la elaboración del estudio bibliométrico sobre *Digital Games* (DG) aplicado en el área de ingeniería. El estudio comprende un enfoque de mapeo científico empleando la herramienta de análisis SciMAT [11]. El análisis bibliométrico es una herramienta para la investigación cuantitativa de publicaciones científicas que se utiliza para evaluar las principales tendencias, descubrir puntos críticos de investigación, describir la relación entre campos de investigación y colaboración entre autores [12]. El enfoque de mapeo científico se resume en la definición de la base de datos, el gráfico superpuesto, el mapa de evolución y la red temática.

### A. Base de datos

Identificar una base de datos para la recolección de los artículos es esencial en un proceso de revisión científica por su resultado directo sobre la calidad del estudio [13]. Scopus es una de las bases de datos bibliográficas de literatura científica que proporciona una visión completa de la producción de investigación multidisciplinaria a nivel mundial. Ella contiene más de 53 millones de referencias publicadas en más de 21000 revistas científicas [14]. En consecuencia, Scopus se emplea para la recolección de documentos porque reúne varios artículos del tema abordado.

Se ha realizado la búsqueda para el periodo 2002 – 2022, seleccionado únicamente el área de ingenierías. Para realizar la búsqueda se ha utilizado la siguiente sintaxis con la finalidad de capturar los artículos que se relacionan con DG: Title-abs-key ( ( "computer game" or "video game" or

"serious game" or "simulation game" or "game based learning" or "online game" ) and ( "assessment" or "evaluation" or "feedback" or "performance" or "effectiveness" ) and ( "engineering" ) and ( "education" ) ) and ( exclude ( pubyear , 1999 ) or exclude ( pubyear , 1998 ) or exclude ( pubyear , 1997 ) or exclude ( pubyear , 1991 ) or exclude ( pubyear , 1986 ) or exclude ( pubyear , 1985 ) or exclude ( pubyear , 1977 ) ) and ( exclude ( pubyear , 2023 ) ) and ( limit-to ( subjarea , "engi" ) ) .

### B. Análisis bibliométrico con SciMAT

El mapeo científico está estrechamente relacionado con el análisis de co-palabras. Este ilustra la estructura y la dinámica de un campo científico [15]. La mayoría de los softwares existentes, como VOSviewer, Gephi, Bibexcel, CiteSpace II y SciMAT puede realizar análisis de mapeos científicos. SciMAT es un poderoso software de mapeo científico basado en co-citación y análisis de co-palabras, que combina ventajas del software de mapeo científico estándar [16]. Además, el mapeo científico se puede utilizar para expresar la estructura cognitiva de un campo de investigación, una forma de representación espacial que refleja cómo se relacionan entre sí disciplinas, campos, profesiones, documentos o autores [17].

i) El gráfico superpuesto y mapa de evolución muestra el desempeño del campo por medio de palabras clave [18]–[20]. Donde el círculo representa el número de palabras clave en cada periodo en el caso del gráfico superpuesto de igual forma. La flecha hacia adentro indica el número de palabras clave emergentes en el mismo periodo. La flecha hacia afuera representa la cantidad de palabras clave que desaparecen en el periodo y la flecha horizontal indica la cantidad de palabras clave cubiertas en el periodo adyacente. El número entre paréntesis refleja la consistencia de las palabras clave en un rango de 0 a 1 [21].

De la misma forma, los círculos en la evolución temática representan temas de agrupación. El tamaño de ellos es proporcional al número de artículos relacionados entre sí. La línea sólida entre los círculos en el periodo adyacente representa la relación temática con términos similares y la línea punteada indica la relación temática conceptual. El grosor de la línea es directamente proporcional a la relevancia entre los temas medidos [22].

El diagrama estratégico y la red temática son métodos utilizados para lograr la visualización de temas. Un diagrama estratégico es un gráfico con los indicadores de densidad y centralidad, como se muestra en la Fig. 1 [21]. La centralidad mide la conexión o fuerza interna entre temas. Una alta centralidad indica que un tema tiene una conexión interna sólida con otros temas y juega un papel esencial en el desarrollo del campo de investigación. La densidad mide las relaciones externas entre temas. Una densidad alta indica que un tema está muy desarrollado.

Así, un diagrama estratégico divide los temas esenciales en cuatro clases [23], como se detalla en la Fig. 1: temas motores o bien desarrollados en el cuadrante 1 (Q1); temas muy desarrollados y aislados, pero menos importantes para el campo de investigación por su limitada conexión interna en el cuadrante 2 (Q2); temas emergentes o en declive que están

débilmente desarrollados con una baja conexión interna en el cuadrante 3 (Q3); y temas básicos y transversales que son importantes para la disciplina, pero en proceso de desarrollo y se sitúan en el cuadrante 4 (Q4). Alternativamente, la red temática muestra un conjunto de temas interrelacionados. De igual modo, el tamaño del círculo es proporcional al número de documentos correspondientes a cada tema. Los grosores de las líneas entre los círculos son proporcionales al índice de relación entre ellos.

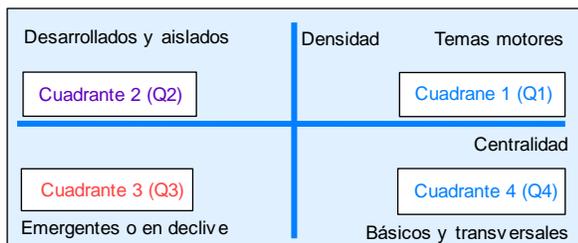


Fig. 1. Diagrama estratégico para el análisis bibliométrico [21].

### III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### A. Base de datos seleccionada

Para el periodo evaluado (2002 -2022) se recolectaron 365 artículos de revista y conferencia indexadas en el Scopus. De tal forma, la Fig. 2 muestra un periodo de transición del número de documentos en el rango de 2002 – 2016. Posteriormente, se muestra una etapa de consolidación para el periodo 2017 – 2022.

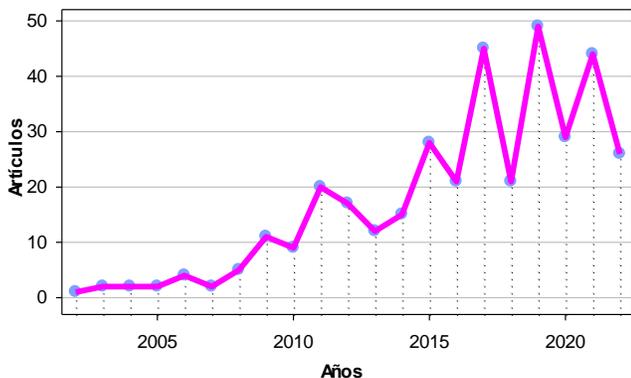


Fig. 2. Artículos capturados sobre *Digital Games* (DG) en el Aprendizaje de Ingeniería.

#### B. Gráfico superpuesto y mapa de evolución.

El mapa superpuesto se muestra en la Fig. 3 (a) con un índice de estabilidad del 65 %, mostrando un desarrollo temático consistente. Sin embargo, 37 temas del periodo 2002-2016 de 106 se consideran en declive; pero se tiene 60 nuevos términos para el periodo 2017 - 2022, sumando un total de 129 términos en total como conceptos aportados por los investigadores. De la misma forma, la Fig. 3 (b) muestra la evolución temática de DG para ambos periodos. Para el periodo 2002 - 2016, los temas capturados con el SciMAT

involucran a *serious games*, *learning games*, *simulation games* y *game based learning*.

*Serious games* son muy utilizados como herramientas didácticas porque facilitan la comunicación de conceptos, además de crear un espacio abierto para la retroalimentación ágil [24]. En la práctica, se refiere al uso de juegos para satisfacer el aprendizaje, además del entretenimiento aplicado. *Serious games* se puede emplear en diferentes áreas como en la educación, urbanismo e ingeniería. En otras áreas también se les conoce como juegos aplicados (*applied games*), como en la atención médica, la gestión de emergencias, la política, la visión artificial, las técnicas basadas en el aprendizaje profundo y los deportes. Es por ello por lo que se le considera un tema motor por su alta densidad y centralidad, como se muestra en la Fig. 4, cumpliendo un rol fundamental dentro del desempeño de DG.

En el caso de *learning game* surge la interrogante si tiene que ser ante todo una herramienta para aprender. Sin embargo, un *learning game* sigue siendo un juego que considera un conjunto de reglas interactivas. Es decir, un conflicto u objetivo para impulsar el juego, así como una condición ganadora que completa o finaliza este [22]. En esencia, los juegos de aprendizaje deben ser interactivos y que involucren al jugador, adhiriendo la teoría constructivista del aprendizaje [25]. Los resultados muestran que *learning game* es un tema básico y transversal, con una alta centralidad y una emergente densidad, tal y como aparece en la Fig. 4.

Es así como el constructivismo en el aprendizaje implica que los individuos pueden crear conocimiento a través de su acción e interacción. Esta generación de conocimiento es diferente de otros métodos de enseñanza y aprendizaje que se basan en el conocimiento declarativo o fáctico. La información se intercambia y comparte a través de esos métodos, pero no necesariamente se genera [26]. Por ejemplo, el conocimiento declarativo consiste en conocer todos los elementos o dispositivos en la construcción de una máquina dentro del campo de ingenierías. El conocimiento constructivista se trata de saber ordenar esos elementos para generar un sistema innovador. El conocimiento declarativo se puede obtener a través de la memorización, mientras que el constructivista a través del estudio, la práctica y la experimentación.

De acuerdo con la literatura, entre las diferentes técnicas de aprendizaje experiencial, los *simulation games* son particularmente adecuados para proporcionar un entorno estructurado para el aprendizaje de problemas complejos [27]. *Simulation games* tienen el potencial de involucrar a los estudiantes en el aprendizaje profundo que potencia la comprensión en lugar del aprendizaje superficial que solo requiere memorización. En el aprendizaje profundo significa que los estudiantes aprenden métodos científicos, incluyendo la importancia de la construcción de modelos y la participación en las conversaciones alumno-alumno o instructor-alumno necesarias para realizar una simulación.

Además de ello, *simulation games* alcanza en la transferencia de conocimiento del análisis de nuevos problemas y situaciones; comprender y refinar sus propios

procesos de pensamiento y a percibir los procesos y las interacciones sociales en acción. Estudios previos han puesto de relieve cómo el aprendizaje en *simulation games* se produce en muchos niveles. De hecho, los jugadores aprenden tanto de la información contextual del juego como del proceso de juego. Sin embargo, ellos asumen riesgos y beneficios, costos y resultados de su toma de decisiones. El objetivo de *simulation games* en algunos trabajos es permitir a los participantes una experiencia real y global de los desafíos y posibles enfoques situacionales en cada experiencia [27]. Sin embargo, *simulation games* se encuentra en el cuadrante 2 del mapa estratégico y se considera un tema desarrollado, pero aislado a DG para el periodo 2002-2016 (Fig. 4).

*Game based learning* es un enfoque que utiliza juegos, analógicos o digitales, con el objetivo de optimizar la experiencia de aprendizaje. En este caso, el juego permite la comprensión de temas específicos a través de simulaciones, ensayo-error y resolución de problemas [28]. Como característica principal del juego es tener una intención didáctico-pedagógica muy clara antes de ser aplicado. Ello involucra la transmisión de contenidos para practicar lo aprendido, ayudando a consolidar los conocimientos y aplicarlos en situaciones reales. Esto ayuda a los jóvenes a tener habilidades analíticas y de resolución de problemas más desarrolladas. Los resultados bibliométricos muestran que *Game based learning* es un tema básico y transversal de DG porque se encuentra en el cuadrante 4 del mapa estratégico (Fig.4). En tal sentido, *Game based learning* es importante por su alta centralidad y crecimiento progresivo en el número de documentos.

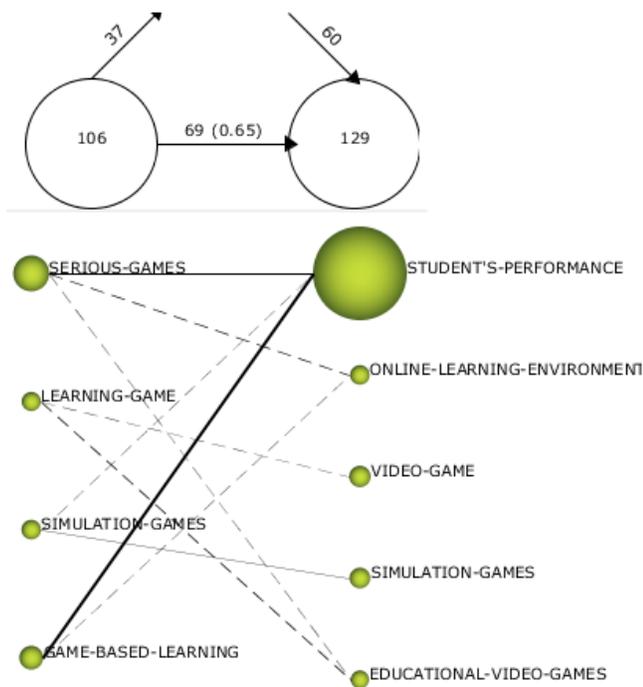


Fig. 3. Gráfico superpuesto y mapa de evolución para *Digital Games* (DG) en el periodo 2002-2016 y 2017-2022.

Para el periodo 2017 - 2022 se registran los temas de *students performance*, *online learning environment*, *video game*, *simulation games*, *educational video games* en el mapa de evolución, como se muestra en la Fig. 3(b). El término de *simulation game* también se presentó en el periodo 2002-2016. Se han publicado varios estudios que evalúan el desempeño de los estudiantes (*students performance*) sobre los DG en términos de resultados de aprendizaje [29]. Ellos muestran que los DG desempeñan un papel relevante en la mejora del rendimiento de aprendizaje de los estudiantes, como en la mejora de la motivación. La Fig. 5 muestra que *students performance* se sitúa en el cuadrante 1, por lo que se considera un tema motor de DG para el periodo 2017-2022.

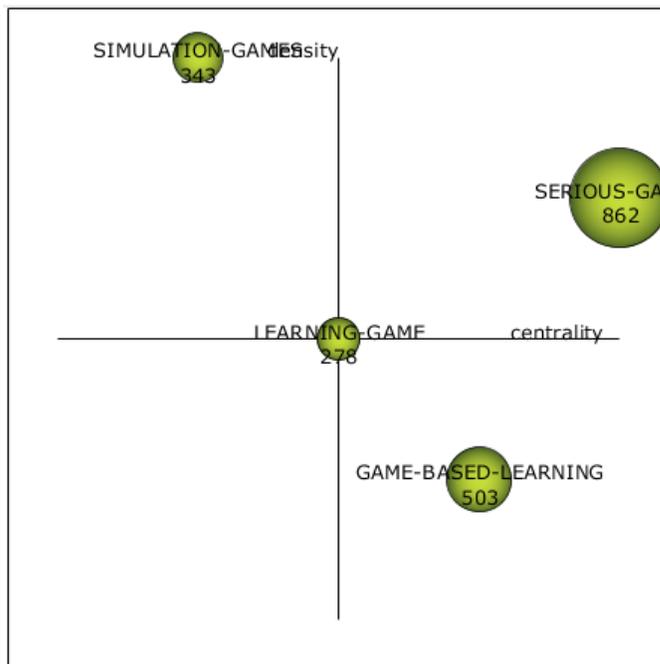


Fig. 4. Mapa estratégico de los temas relacionado con *Digital Games* (DG) en el periodo 2002-2016.

Un entorno de aprendizaje (*Online Learning Environment*) es considerado más que un salón de clases porque es un espacio en el que los estudiantes se sienten seguros, inspirados por su entorno y apoyados en su búsqueda del conocimiento [30]. Se cree que los docentes pueden influir en un entorno de aprendizaje por la forma de enseñanza y la atmósfera que crean en el aula. Por ejemplo, ellos pueden influir fomentando la participación de los estudiantes, brindando comentarios positivos y constructivos. Los entornos de aprendizaje han cambiado con el tiempo y pueden continuar ampliándose para satisfacer las necesidades de los estudiantes, lo que permite a los maestros optimizar continuamente su entorno de aprendizaje para ayudar a los estudiantes a alcanzar sus objetivos educativos. *Online Learning Environment* se ubica como un tema motor en el mapa estratégico (cuadrante 1), considerándose un tema importante para el DG.

Finalmente, un videojuego de entretenimiento educativo (*video game*, Fig. 3b) está basado en progresiones lineales y

no da lugar a las alternativas. Estos siguen un formato de habilidad y ejercicio en el que los participantes practican habilidades repetitivas o ensayan hechos memorizados. Como tal, el entretenimiento educativo a menudo falla en la transmisión de conocimientos, haciendo uso una y otra vez a los mismos patrones de acción, sin flexibilizar la curva de aprendizaje [31]. Por el contrario, los videojuegos educativos (*educational video games*) requieren estrategias, pruebas de hipótesis o resolución de problemas. Ellos incluyen un sistema de recompensas y objetivos que motivan a los jugadores, un contexto narrativo que sitúa la actividad y establece reglas de participación y aprendizaje.

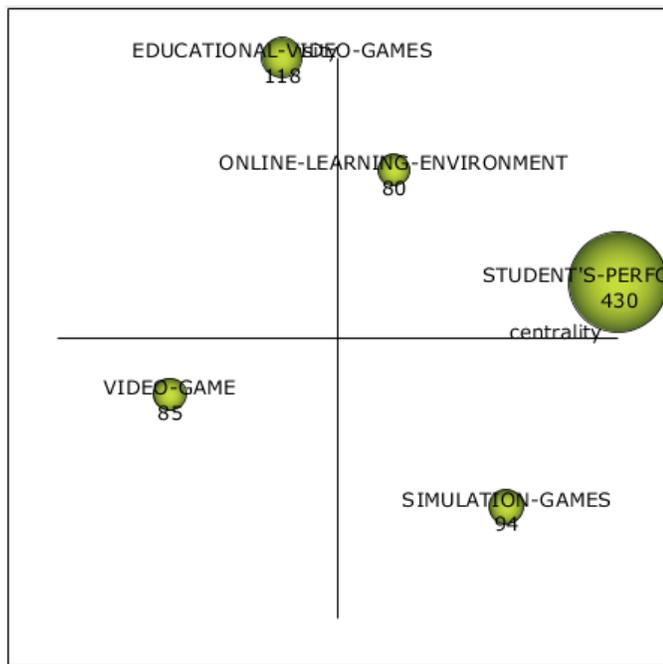


Fig. 5. Mapa estratégico de los temas relacionado con *Digital Games* (DG) en el periodo 2017-2022.

Por lo tanto, según la Fig. 5 se refleja que *video game* pertenece al tercer cuadrante del mapa estratégico, considerándose un tema en declive por su baja densidad y centralidad. Mientras que *educational video games* se considera un tema muy desarrollado, pero aislado de DG por su alta densidad y moderada centralidad (Fig. 5).

### C. Redes temáticas relacionadas con DG en el periodo 2017-2022.

Ambiente de aprendizaje en línea y desempeño del estudiante (*Online learning environment; student's performance*) son los temas motores del DG como se muestra en la Fig. 5. El ambiente de aprendizaje en línea es un subconjunto de la educación a distancia que abarca diferentes aplicaciones tecnológicas y procesos de aprendizaje. El grupo incluye la tecnología educativa, el aula invertida, el trabajo de laboratorio, el análisis de aprendizaje, los resultados de aprendizaje, los sistemas en línea y laboratorios virtuales (*educational technology, flipped classroom, laboratory work, learning analytics, learning outcome, online systems and virtual-laboratories*), como se muestra en la Fig. 6.

De la misma forma, *student's performance* se vincula con juegos de computadora, juego educativo, juegos recreacionales educativos, juegos serios, aprendizaje basado en juegos, aprendizaje electrónico, STEAM y toma de decisiones (*computer games, educational game, games, serious games, game-based learning, e-learning, STEAM, decision making*), como se muestra el mapa estratégico en la Fig. 7. Los componentes afectivos del compromiso se han asociado operativamente con el desempeño de los estudiantes. Un creciente grupo de investigadores respaldan el papel significativo que juega el nivel de compromiso de los estudiantes en su adaptación académica, social y emocional a las aulas y entornos escolares [30]. Es por ello por lo que el apoyo de los profesores y compañeros dentro del aula se ha identificado entre los factores que influyen en el compromiso y desempeño estudiantil.

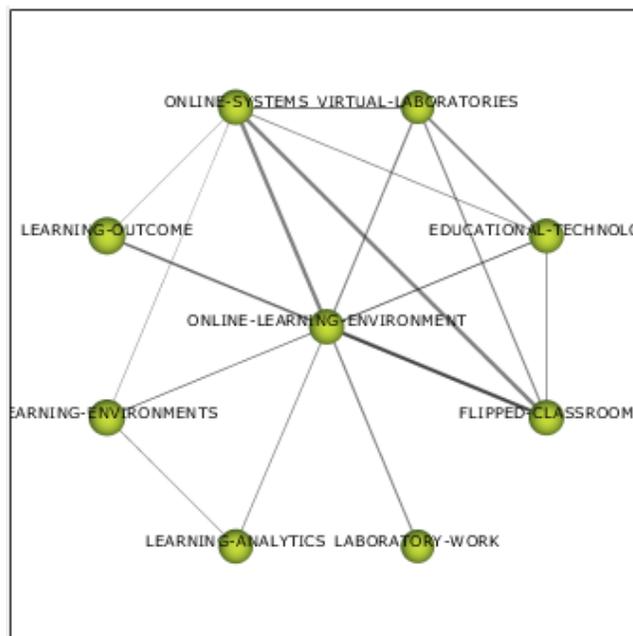


Fig. 6. Rede temática relacionada con DG de *online learning environment* del periodo 2017-2022.

Por lo tanto, para el aprendizaje en línea es prioritario determinar la forma como las interacciones afectan el compromiso de los estudiantes. Ello se puede mejorar mediante la interacción alumno-instructor y alumno-alumno que mediante la interacción alumno-contenido. En consecuencia, se espera que el interés en el aprendizaje basado en DG continúe y se fortalezca por los cambios en la forma en que se lleva a cabo la educación.

En el contexto de la ingeniería, los juegos de simulaciones (*simulations games*) pueden usarse potencialmente para presentar conceptos difíciles de proyectar, como entornos peligrosos o costosos a los que de otro modo hubiera sido imposible acceder para uso en el aula. En tal medida, se espera que estas técnicas resulten atractivas para los profesionales como herramienta pedagógica. Los estudios que examinan la utilización de DG en la educación superior generalmente han

encontrado que los estudiantes tienen una visión positiva para el aprendizaje [35].

La pandemia de COVID-19 provocó algunos cambios drásticos en el sector educativo que afectaron a las instituciones de educación superior. La mayoría de las instituciones pasaron casi por completo de la enseñanza presencial a la impartición de clases virtuales [22], [36]–[38]. Una de las ventajas que tienen los laboratorios de simulación es que se pueden utilizar de una forma remota. Además de ello, estos presentan facilidad de acceso durante un periodo prolongado para su uso con fines educativos. Con el éxito sobre el aprendizaje basado en DG, en la modalidad de clase virtual, se espera que las instituciones de ingeniería adopten las técnicas de simulación virtual como una alternativa a las herramientas de enseñanza tradicionales. No obstante, para sostener el progreso del empleo del aprendizaje basado en DG en el aprendizaje de ingeniería se deben realizar más estudios sobre su efectividad. La necesidad de más estudios que exploren las mejores prácticas y comprueben la efectividad de la aplicación es prioritario en esta especialidad.

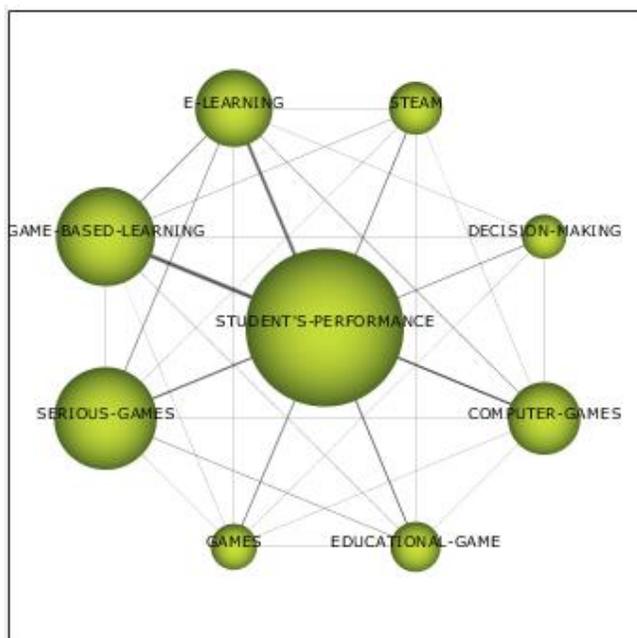


Fig. 7. Red temática relacionada con DG de *student's performance* del periodo 2017-2022.

Otro problema que podría afectar la utilización de DG de aprendizaje en la educación superior en ingenierías es la falta de aplicaciones adaptadas en esa área. El diseño de un juego educativo requeriría habilidades de creación que no necesariamente tienen todos los formadores en ingenierías. En ausencia de juegos bien diseñados en esta área, las posibilidades de una amplia adopción del aprendizaje basado en DG son limitadas. Sin embargo, promover proyectos de desarrollo de juegos interdisciplinarios que involucraran a estudiantes de diferentes departamentos podría considerarse como una solución.

#### IV. CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio fue revisar la literatura sobre el aprendizaje basado en juegos digitales (DG) en la educación en ingeniería para el periodo 2002-2022 utilizando un enfoque de mapeo científico. Los resultados muestran que el mapa superpuesto presenta un índice de estabilidad del 65 %, mostrando un desarrollo temático consistente.

En el periodo 2002-2016, los temas capturados con el SciMAT involucran a *serious games*, *learning games*, *simulation games* y *game based learning*. Mientras que para el periodo 2017-2022 los temas más destacados en mapa de evolución son *students performance*, *online learning environment*, *video game*, *simulation games*, y *educational video games*. *Video game* se encuentra en el tercer cuadrante del mapa estratégico, considerándose un tema en declive por su baja densidad y centralidad. Mientras que *educational video games* se considera un tema muy desarrollado, pero aislado de DG por su alta densidad y moderada centralidad.

Por otro lado, *students performance* y *online learning environment* se consideran temas motores del campo de investigación por su alta centralidad y densidad. Finalmente, *simulation games* se muestra como un tema básico y transversal por su alta centralidad o conexión interna y su moderada densidad o relación con otros temas. En consecuencia, se espera que el interés en el aprendizaje basado en DG, básicamente en *simulation games*, continúe mejorando el desempeño en las aplicaciones de enseñanza.

En el contexto de la ingeniería, los juegos de simulaciones (*simulations games*) pueden usarse potencialmente para desarrollar y analizar conceptos complejos de esta área, como entornos peligrosos o costosos a los que de otro modo hubiera sido imposible acceder para uso en el aula. En tal medida, se espera que estas técnicas resulten atractivas como herramienta de clase para los profesionales. No obstante, para sostener el progreso en el empleo del aprendizaje en esas técnicas para la educación en ingeniería, se deben realizar más estudios sobre su efectividad.

Sin embargo, el diseño de un juego digital para el área de ingeniería requiere de habilidades técnicas de diseño interdisciplinarias no común para todos los involucrados de ingeniería. Por lo tanto, promover proyectos de desarrollo de juegos interdisciplinarios que involucren estudiantes de diferentes especialidades podría considerarse como una solución de la aplicación y desarrollo de los DG en esta importante área de aprendizaje.

#### AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada del Norte (Pe) por el apoyo en parte de este trabajo de investigación.

#### REFERENCIAS

- [1] F. Crocco, K. Offenholley, and C. Hernandez, "A Proof-of-Concept Study of Game-Based Learning in Higher Education," <http://dx.doi.org/10.1177/1046878116632484>, vol. 47, no. 4, pp. 403–422, Feb. 2016, doi: 10.1177/1046878116632484.
- [2] T. M. Connolly, E. A. Boyle, E. MacArthur, T. Hainey, and J. M. Boyle, "A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games," *Comput. Educ.*, vol. 59, no. 2, pp. 661–686, Sep. 2012, doi: 10.1016/J.COMPEDU.2012.03.004.
- [3] C. Bodnar, M. Liauw, and T. Sainio, "Digitalisation in chemical engineering education and training," *Educ. Chem. Eng.*, vol. 36, pp.

- 202–203, Jul. 2021, doi: 10.1016/J.ECE.2021.06.003.
- [4] E. A. Boyle *et al.*, “An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games,” *Comput. Educ.*, vol. 94, pp. 178–192, Mar. 2016, doi: 10.1016/J.COMPEDU.2015.11.003.
- [5] Y. Pan, F. Ke, and X. Xu, “A systematic review of the role of learning games in fostering mathematics education in K-12 settings,” *Educ. Res. Rev.*, vol. 36, p. 100448, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.EDUREV.2022.100448.
- [6] B. Divjak and D. Tomić, “The impact of game-based learning on the achievement of learning goals and motivation for learning mathematics - Literature review,” *J. Inf. Organ. Sci.*, vol. 35, no. 1, pp. 15–30, 2011.
- [7] U. Tokac, E. Novak, and C. G. Thompson, “Effects of game-based learning on students’ mathematics achievement: A meta-analysis,” *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 35, no. 3, pp. 407–420, Jun. 2019, doi: 10.1111/JCAL.12347.
- [8] E. Joung and J. H. Byun, “Content analysis of digital mathematics games based on the NCTM Content and Process Standards: An exploratory study,” *Sch. Sci. Math.*, vol. 121, no. 3, pp. 127–142, Mar. 2021, doi: 10.1111/SSM.12452.
- [9] C. A. Bodnar, D. Anastasio, J. A. Enszer, and D. D. Burkey, “Engineers at Play: Games as Teaching Tools for Undergraduate Engineering Students,” *J. Eng. Educ.*, vol. 105, no. 1, pp. 147–200, Jan. 2016, doi: 10.1002/JEE.20106.
- [10] Z. Shen *et al.*, “Mapping the knowledge of traffic collision Reconstruction: A scientometric analysis in CiteSpace, VOSviewer, and SciMAT,” *Sci. Justice*, vol. 63, no. 1, pp. 19–37, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.SCIJUS.2022.10.005.
- [11] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, “SciMAT: A new science mapping analysis software tool,” *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 63, no. 8, pp. 1609–1630, Aug. 2012, doi: 10.1002/asi.22688.
- [12] L. Li *et al.*, “Lattice Boltzmann Method for Fluid-Thermal Systems: Status, Hotspots, Trends and Outlook,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 27649–27675, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2971546.
- [13] H. Omrany, R. Chang, V. Soebarto, Y. Zhang, A. Ghaffarianhoseini, and J. Zuo, “A bibliometric review of net zero energy building research 1995–2022,” *Energy Build.*, vol. 262, p. 111996, May 2022, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2022.111996.
- [14] A. D. Sánchez, M. de la Cruz Del Río Rama, and J. Á. García, “Bibliometric analysis of publications on wine tourism in the databases Scopus and WoS,” *Eur. Res. Manag. Bus. Econ.*, vol. 23, no. 1, pp. 8–15, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.IEDEEN.2016.02.001.
- [15] D. Pattnaik, M. K. Hassan, S. Kumar, and J. Paul, “Trade credit research before and after the global financial crisis of 2008 – A bibliometric overview,” *Res. Int. Bus. Financ.*, vol. 54, p. 101287, Dec. 2020, doi: 10.1016/J.RIBAF.2020.101287.
- [16] M. A. Martínez, M. J. Cobo, M. Herrera, and E. Herrera-Viedma, “Analyzing the Scientific Evolution of Social Work Using Science Mapping,” <http://dx.doi.org/10.1177/1049731514522101>, vol. 25, no. 2, pp. 257–277, Feb. 2014, doi: 10.1177/1049731514522101.
- [17] J. Luo, Y. Hu, and Y. Bai, “Bibliometric Analysis of the Blockchain Scientific Evolution: 2014–2020,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 120227–120246, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3092192.
- [18] H. Xie, Y. Zhang, and K. Duan, “Evolutionary overview of urban expansion based on bibliometric analysis in Web of Science from 1990 to 2019,” *Habitat Int.*, vol. 95, p. 102100, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.HABITATINT.2019.102100.
- [19] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, “Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools,” *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 62, no. 7, pp. 1382–1402, Jul. 2011, doi: 10.1002/asi.21525.
- [20] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, “SciMAT: Version 1.0 User guide,” Spain, 2016.
- [21] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, “SciMAT: A new science mapping analysis software tool,” *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 63, no. 8, pp. 1609–1630, Aug. 2012, doi: 10.1002/ASI.22688.
- [22] E. Zarate-Perez, R. Sebastián, and J. Grados, “Online Labs: A Perspective Based on Bibliometric Analysis,” in *19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education Caribbean Conference for Engineering and Technology: “Prospective and Trends in Technology and Skills for Sustainable Social Development” and “Leveraging Emerging Technologies to Con*, 2021, vol. 2021-July, doi: 10.18687/LACCEI2021.1.1.267.
- [23] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, “An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field,” *J. Informetr.*, vol. 5, no. 1, pp. 146–166, Jan. 2011, doi: 10.1016/j.joi.2010.10.002.
- [24] M. Ullah *et al.*, “Serious Games in Science Education. A Systematic Literature Review,” *Virtual Real. Intell. Hardw.*, vol. 4, no. 3, pp. 189–209, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.VRIH.2022.02.001.
- [25] Y. Zhou, M. Kantarcioglu, and B. Xi, “A survey of game theoretic approach for adversarial machine learning,” *Wiley Interdiscip. Rev. Data Min. Knowl. Discov.*, vol. 9, no. 3, p. e1259, May 2019, doi: 10.1002/WIDM.1259.
- [26] K. O’Connor, “Constructivism, curriculum and the knowledge question: tensions and challenges for higher education,” <https://doi.org/10.1080/03075079.2020.1750585>, vol. 47, no. 2, pp. 412–422, 2020, doi: 10.1080/03075079.2020.1750585.
- [27] L. Gatti, M. Ulrich, and P. Seele, “Education for sustainable development through business simulation games: An exploratory study of sustainability gamification and its effects on students’ learning outcomes,” *J. Clean. Prod.*, vol. 207, pp. 667–678, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2018.09.130.
- [28] N. Behnamnia, A. Kamsin, M. A. B. Ismail, and S. A. Hayati, “A review of using digital game-based learning for preschoolers,” *J. Comput. Educ.*, pp. 1–34, Sep. 2022, doi: 10.1007/S40692-022-00240-0/TABLES/15.
- [29] L. H. Wang, B. Chen, G. J. Hwang, J. Q. Guan, and Y. Q. Wang, “Effects of digital game-based STEM education on students’ learning achievement: a meta-analysis,” *Int. J. STEM Educ.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–13, Dec. 2022, doi: 10.1186/S40594-022-00344-0/TABLES/2.
- [30] K. Salta, K. Paschalidou, M. Tsetseri, and D. Koulougliotis, “Shift From a Traditional to a Distance Learning Environment during the COVID-19 Pandemic: University Students’ Engagement and Interactions,” *Sci. Educ.*, vol. 31, no. 1, pp. 93–122, Feb. 2022, doi: 10.1007/S11191-021-00234-X/TABLES/11.
- [31] M. J. Dondlinger, “Educational Video Game Design: A Review of the Literature,” *J. Appl. Educ. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 21–31, 2007, Accessed: Feb. 03, 2023. [Online]. Available: <http://www.eduquery.com/jaet/>
- [32] S. S. Al-Gahtani, “Empirical investigation of e-learning acceptance and assimilation: A structural equation model,” *Appl. Comput. Informatics*, vol. 12, no. 1, pp. 27–50, Jan. 2016, doi: 10.1016/J.ACLI.2014.09.001.
- [33] N. Luo, M. Zhang, and D. Qi, “Effects of different interactions on students’ sense of community in e-learning environment,” *Comput. Educ.*, vol. 115, pp. 153–160, Dec. 2017, doi: 10.1016/J.COMPEDU.2017.08.006.
- [34] J. J. Appleton, S. L. Christenson, D. Kim, and A. L. Reschly, “Measuring cognitive and psychological engagement: Validation of the Student Engagement Instrument,” *J. Sch. Psychol.*, vol. 44, no. 5, pp. 427–445, Oct. 2006, doi: 10.1016/J.JSP.2006.04.002.
- [35] M. Thanasi-Boçe, “Enhancing students’ entrepreneurial capacity through marketing simulation games,” *Educ. Train.*, vol. 62, no. 9, pp. 999–1013, Nov. 2020, doi: 10.1108/ET-06-2019-0109/FULL/XML.
- [36] J. Glassey and F. D. Magalhães, “Virtual labs – love them or hate them, they are likely to be used more in the future,” *Educ. Chem. Eng.*, vol. 33, pp. 76–77, Oct. 2020, doi: 10.1016/J.ECE.2020.07.005.
- [37] E. Zarate-Perez *et al.*, “Learning in Project-Based Engineering Education: A Bibliometric Analysis,” *Proc. LACCEI Int. Multi-conference Eng. Educ. Technol.*, vol. 2022-July, 2022, doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.743.
- [38] B. V. Oviedo, E. W. Mori, E. Zarate-Perez, and C. Cornejo-Carbajal, “Automatic Biosafety System Post Pandemic COVID-19 for Measurement of Temperature and disinfection at Recurring Establishments,” *Proc. LACCEI Int. Multi-conference Eng. Educ. Technol.*, vol. 2022-July, 2022, doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.266.