

Learning in Project-Based Engineering Education: A Bibliometric Analysis

Eliseo Zarate-Perez, Ph. D Student^{1,3}, Cecilia Cornejo-Carbajal, Ph. D Student¹ and Juan Grados, Ph. D².
Ricardo Gutierrez-Tirado, Master², Jacob Astocondor-Villar, Ph. D², Adan Tejada-Cabanillas, Ph. D², Anna
Grados-Espinoza, Graduate²

¹Universidad Privada del Norte (UPN), 15314 Los Olivos, Peru, eliseo.zarate@upn.edu.pe, cecilia.cornejo@upn.edu.pe

²Universidad Nacional del Callao (UNAC), 07011 Bellavista, Peru, jhgradosg@unac.edu.pe, ragutierrez@unac.edu.pe,
jastocondorv@unac.edu.pe, aatejadac@unac.edu.pe, akgradose@unac.pe

³Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), 28040 Madrid, España, ezarate9@alumno.uned.es

Abstract— The events caused by the COVID-19 pandemic forced educators to transition to a fully online education system. Therefore, the implementation of project-based learning (PBL) in education is not an easy task. However, since PBL offers students many learning benefits, the aim of this paper is to conduct a bibliometric analysis to measure the performance of using PBL in engineering courses. Two computer tools have been used to carry out the analysis: a) Scopus as a performance analysis tool and b) SciMAT to carry out the bibliometric analysis of content from scientific maps. The results show that the topic with the highest performance for the period 2000-2015 corresponds to the topic of engineering educators, with a h-index of 19, 157 linked articles and, 4815 citations. However, the transition to digital teaching is shown in the period 2016-2021, where e-learning systems represent a cross-cutting theme in the field of research. Therefore, the close relationship of the PBL methodology with engineering educators and the transition to virtual education is shown. However, it requires the integration of e-learning platforms. This is closely related to the driving topics shown in the strategic map for the 2016- 2021 period, such as: ensuring the quality of teamwork; properly monitor learning experiences; enhance the focus on engineering design; and work on planning the design of the curriculum, to involve all the activities and evaluations of the educational goals.

Keywords— project-based learning, E-learning systems, teamwork qualities, learning experiences, engineering design.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.743>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Aprendizaje Basado en Proyectos de Educación en ingeniería: Un Análisis Bibliométrico

Eliseo Zarate-Perez, Ph. D Student^{1,3}, Cecilia Cornejo-Carbajal, Ph. D Student¹ and Juan Grados, Ph. D².

¹Universidad Privada del Norte (UPN), 15314 Los Olivos, Peru, eliseo.zarate@upn.edu.pe, cecilia.cornejo@upn.edu.pe

²Universidad Nacional del Callao (UNAC), 07011 Bellavista, Peru, jhgradosg@unac.edu.pe

³Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), 28040 Madrid, España, ezarate9@alumno.uned.es

Resumen— Los acontecimientos provocados por la pandemia de COVID-19 obligó a los educadores a hacer la transición a un sistema de educación completamente en línea. Por lo tanto, la implementación del aprendizaje basado en proyectos (ABP) en la educación no fue una tarea fácil. No obstante, el ABP ofrece a los estudiantes muchos beneficios de aprendizaje que se detallan en esta investigación. El objetivo de este documento es realizar un análisis bibliométrico para medir el desempeño del uso del ABP en los cursos de ingeniería. Para efectuar el análisis se han utilizado dos herramientas informáticas: a) El Scopus como herramienta de análisis de desempeño y; b) SciMAT para proceder con el análisis bibliométrico de contenido a partir de mapas científicos. Los resultados muestran que el tópico con mayor desempeño para el periodo 2000-2015 corresponde al tema de educadores de ingeniería, con un índice h de 19, 157 artículos vinculados y 4815 citas. Sin embargo, se muestra la transición a la enseñanza digital en el periodo 2016-2021, donde los sistemas de aprendizaje electrónico representan un tema transversal en el campo de investigación. Por lo tanto, se muestra la relación estrecha de la metodología del ABP con los educadores de ingeniería y la transición a la educación virtual. Sin embargo, requiere la integración de plataformas de aprendizaje electrónico. Ello se relaciona estrechamente con los tópicos motores mostrados en el mapa estratégico del periodo 2016-2021, como asegurar la calidad de trabajo en equipo; monitorear adecuadamente las experiencias de aprendizaje; potenciar el enfoque en el diseño de ingeniería, y trabajar en la planificación del diseño del currículo, con la finalidad de involucrar todas las actividades y evaluaciones de las metas educativas.

Palabras clave— Aprendizaje basado en proyectos, sistemas de aprendizaje electrónico, calidad de trabajo en equipo, experiencias de aprendizaje, diseño de ingeniería.

I. INTRODUCCIÓN

En la educación de la ingeniería se emplea tradicionalmente la enseñanza centrada en el contenido, la práctica y la orientación al diseño, con un enfoque especial en el desarrollo de habilidades de pensamiento analítico [1]. Varias herramientas y metodologías, como el aprendizaje activo, el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el aula invertida están disponibles para que los educadores mejoren la eficacia de su enseñanza. El ABP es una estrategia de instrucción que ofrece a los estudiantes cierto grado de autonomía para aprender, explorar e investigar a lo largo del proceso de aprendizaje, incentivándolos a realizar proyectos relevantes [2]. En este sentido, se afirma que el ABP ayuda a

los estudiantes a construir conocimiento y desarrollar habilidades de aprendizaje a través de actividades y objetivos impulsados por una pregunta guía general. Se ha informado en estudios que el ABP presenta altos porcentajes de su uso en robótica, big data, diseño y programación de juegos, incluido el aprendizaje interdisciplinario, como ingeniería eléctrica, informática, y física aplicada [3].

El proceso del ABP se hace eco del concepto de la teoría del aprendizaje constructivista, donde los estudiantes construyen el conocimiento a través de la participación activa en el proceso de enseñanza y aprendizaje [4]. A pesar de identificar los impactos positivos del ABP, su integración en la enseñanza y el aprendizaje no está tan claro respecto la adopción generalizada en varias materias, especialmente, las de ingeniería. Este descuido está relacionado con muchos factores, uno de los cuales es la falta general de conocimiento sobre cómo enseñarlo [5], lo que ha impedido que muchos educadores lo implementen en su enseñanza.

En la última década, la educación en línea se ha establecido como una herramienta importante adicional disponible para los educadores. Si bien la educación en línea tiene sus ventajas, generalmente encuentra aprensión y resistencia tanto por parte de los educadores como de los estudiantes [6]. Transformar un curso presencial convencional a un formato en línea lleva mucho tiempo y requiere un esfuerzo significativo por parte del instructor, así como familiaridad con las herramientas disponibles a su disposición [7]. Además de ello, un giro inesperado de los acontecimientos provocados por la pandemia de COVID-19 obligó a los educadores de todo el mundo, independientemente de su postura sobre la educación en línea, su familiaridad con ella y su nivel de preparación, a hacer la transición a un sistema de educación completamente en línea; sin apenas tiempo disponible para hacer esta transición [8]. Por lo tanto, los métodos de enseñanza y los métodos de evaluación tuvieron que desarrollarse o implementarse paralelamente con el dictado de clases [9].

En tal sentido, la implementación del ABP en la educación no es una tarea fácil, como se destaca en estudios anteriores. No obstante, dado que el ABP ofrece a los estudiantes muchos beneficios de aprendizaje, los educadores deben propiciar el enfoque para maximizar los resultados de aprendizaje. Por lo tanto, el objetivo de este documento es realizar un análisis bibliométrico para medir el desempeño del uso del ABP en los cursos de ingeniería. Ello permitió

monitorear y definir las áreas de investigación que determinaron la estructura cognitiva y evolutiva, mostrando los aspectos estructurales y dinámicos de este campo de investigación. Compartir los resultados de este estudio con la comunidad global de educadores e investigadores, permitiría tener un panorama amplio del uso del ABP para la aplicación en una línea sólida y eficaz en los próximos semestres de la educación en ingeniería en línea de postpandemia.

II. METODOLOGÍA

A. Datos

El concepto del enfoque bibliométrico puede emplearse para realizar un análisis de desempeño de los mapas generados en un campo de investigación establecido. Es decir, se puede monitorear un campo científico y definir las áreas de investigación que determinan su estructura cognitiva y evolutiva, mostrando los aspectos estructurales y dinámicos de la investigación científica [10]. En el análisis bibliométrico realizado en este estudio se han utilizado dos herramientas informáticas: a) El Scopus como herramienta de análisis bibliométrico de desempeño y; b) SciMAT para realizar el análisis bibliométrico de contenido a partir de mapas científicos. En esta investigación, se sigue el procedimiento de análisis de mapeo científico propuesto en [11]; que consiste en la recuperación y procesamiento de datos, extracción y normalización de la red temática, mapeo, visualización y análisis.

La base de datos Scopus contiene información multidisciplinaria que ofrece una mayor selección de revistas en todos los campos. Además, Scopus presenta un mayor grado de singularidad al contener un mayor número de documentos únicos que otras bases de datos; lo que resulta de especial interés para identificar fuentes de información [12]. En consecuencia, con el fin de identificar los documentos que representa el tema de investigación abordado, se utiliza la ecuación de búsqueda [engineering AND education AND management AND ("project-based learning" OR "project-based learning approach")] en los campos resumen, título y palabras clave.

De acuerdo con las tendencias combinadas del volumen y referencias de producción científica, el período se dividió en dos subperíodos discretos para el análisis evolutivo, según el procedimiento en [13]. El primer periodo (2000-2015) comprende la transición de las comunicaciones realizadas por los investigadores respecto al aprendizaje basado en proyectos. Mientras que el segundo periodo (2016-2021) representa la etapa de una cantidad más representativa de artículos referente al tema del ABP. Para ambos periodos, se identifica los principales autores, universidades, revistas y otros antecedentes que caracterizan la producción científica sobre el aprendizaje basado en proyectos aplicados en la formación de ingenieros.

B. Herramienta de análisis bibliométrico

El análisis evolutivo de la gestión del aprendizaje basado en proyectos en la formación de ingenieros se realizó con

SciMat [14]. Esta herramienta realiza el análisis de contenido de las publicaciones para construir mapas de la producción de conocimiento, lo cual contribuye en el monitoreo de un campo científico. Los mapas delimitan las áreas de investigación para comprender su estructura intelectual, social y cognitiva, así como analizar su evolución estructural. SciMAT permite construir mapas científicos basados en el análisis de coocurrencias que caracterizan cada publicación [15]. El estudio realizado por SciMat se basa en la metodología de análisis de palabras asociadas o co-palabras desarrollada en la década de 1980 por la École des Mines de Paris, quien impulsó el análisis de la ciencia y los mapas temáticos [16].

Además, SciMAT analiza las palabras clave para identificar la importancia de cada red temática mediante la construcción de diagramas estratégicos a través de medidas de desempeño: centralidad y densidad [15]. La centralidad mide el grado de fuerza de los vínculos externos del tema con otros temas; esta medida permite interpretar la importancia de un tema en el desarrollo global de un campo de investigación. La densidad mide la cohesión interna de todos los vínculos entre las palabras clave que describen el tema y da una medida del nivel de su desarrollo [17]. Es así como un campo de investigación se puede representar en un diagrama estratégico a través de la centralidad y la densidad.

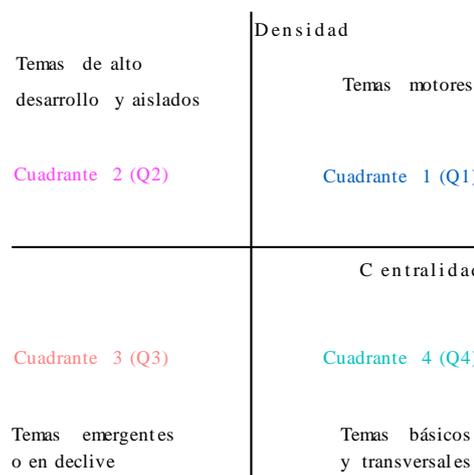


Fig. 1 Diagrama estratégico construido al trazar temas. Fuente:[15].

SciMat permite caracterizar la importancia de cada red temática con un campo científico que se puede representar como un conjunto de temas clasificados en cuatro categorías y posicionados en un espacio bidimensional denominado diagrama estratégico, como se presenta en la Fig. 1 [11]. El cuadrante 1 (Q1) representa aquellas materias bien desarrolladas y esenciales para la construcción del campo científico, ya que representan una fuerte centralidad y una alta densidad. También se denominan como "Temas motores" porque son fundamentales para la construcción del área de investigación. De igual forma, el cuadrante 2 (Q2) representa aquellos temas que corresponden a materias bien desarrolladas

internamente, pero aisladas del resto de las materias y que tienen una importancia marginal en el desarrollo del campo científico. Se denominan "Temas muy desarrollados y aislados" porque tienen poca relevancia para el campo y son temas periféricos especializados del área.

De igual forma, el cuadrante 3 (Q3) representa aquellos temas básicos que son importantes para el campo científico pero que no están bien desarrollados. Se denominan "Temas Básicos y Transversales" porque muestran temas relevantes, pero no muy desarrollados. Finalmente, el cuadrante inferior izquierdo representa los que corresponden a materias muy poco desarrolladas y marginales con baja densidad y centralidad. También se denominan "temas emergentes o en extinción" porque incluyen temas de falta de desarrollo y relevancia.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. Artículos recopilados

El proceso de la búsqueda de documentos arrojó 549 artículos utilizando la ecuación. Seleccionando el periodo de 2000 a 2021 se obtuvieron 543 documentos. Seguidamente, en el Scopus se ha limitado a la subárea de ingeniería con 536 documentos, comprendidos en 403 artículos de conferencia, 116 artículos en revistas, 10 artículos de revisión y 7 capítulos de libro. De esa forma, en el análisis bibliométrico se han utilizado 519 artículos que corresponden a los artículos de conferencias y revistas científicas. La Fig. 2 muestra la frecuencia acumulada de publicaciones y citas en el período estudiado.

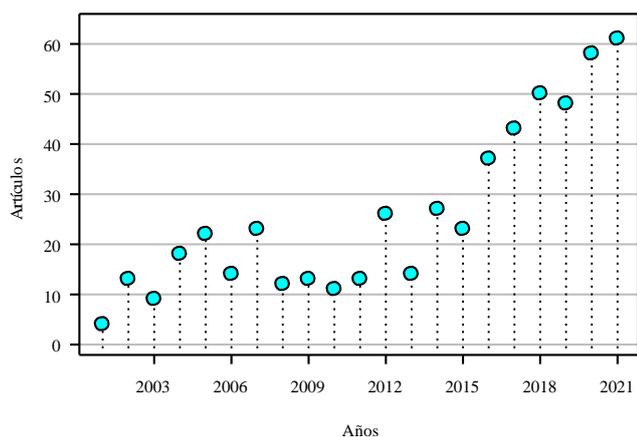


Fig. 2 Artículos recopilados para el análisis del mapeo científico.

William Heard Kilpatrick (1871-1965) fue un pedagogo estadounidense que se convirtió en una figura importante en el movimiento de educación progresista de principios del siglo XX. The Project Method se publicó por primera vez como un artículo en Teachers College Record de la Universidad de Columbia [18]. Es así como en 1850-1865 se aplica los conceptos por proyectos en los centros de arquitectura de Europa, básicamente, en Roma y París. Posteriormente, en el periodo de 1865-1880, el concepto de proyecto como una

herramienta de aprendizaje se aplica en ingeniería, y se transfiere de Europa a América. Se inicia los trabajos por proyectos en las escuelas públicas en el periodo 1915-1965.

A partir de esa fecha, el concepto de proyectos se redefine al concepto de aprendizaje basado en proyectos (ABP) y retorna a Europa y se realiza una expansión. El proceso de ABP se hace eco del concepto de la teoría del aprendizaje constructivista, donde los alumnos construyen el conocimiento a través de la participación activa en el proceso de enseñanza y aprendizaje [19]. El desarrollo de la investigación sobre el ABP ha avanzado lentamente y se ha ido consolidando, tal y como se muestra en la Fig. 2 para los últimos 20 años. En consecuencia, se han desarrollado diferentes líneas de investigación sobre este tema. La Fig. 2 muestra la frecuencia acumulada de publicaciones en el período estudiado.

B. Análisis temático sobre la producción científica del ABP utilizando SciMAT

El mapa de superposición de la producción científica por medio del análisis temático del ABP se muestra en la Fig. 3. Se observa que, de un total de 99 términos, 69 términos reaparecen en el periodo siguiente, es decir, aproximadamente un 70% del enfoque continua en el periodo 2. Mientras que 47 nuevos términos se suman al segundo periodo, para formar un total de 116 términos en total. Ello demuestra el crecimiento y la expansión del uso del ABP como técnica de aprendizaje en la formación de ingenieros.

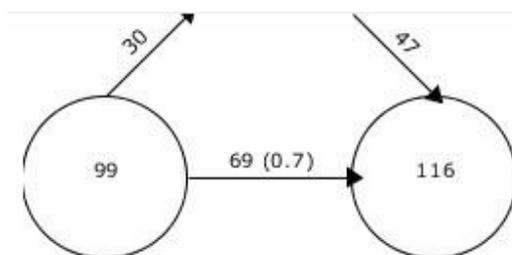


Fig. 3 Mapa de superposición de la producción científica del ABP aplicado en ingenierías.

C. Evolución temática y análisis de temas de Investigación

En la Fig. 4 se presenta la distribución de la evolución temática de los tópicos vinculados al tema de investigación; es decir, al ABP empleado en las disciplinas de ingeniería. En el primer periodo (2000-2015), la expansión de líneas de investigación en base al ABP está representado por los siguientes tópicos.

Los educadores en ingeniería: quienes cumplen un rol fundamental en la formación de los nuevos ingenieros. Ellos desarrollan y adaptan nuevas estrategias pedagógico-didácticas, que permitan formar profesionales de la ingeniería con las competencias que demandan entornos laborales y sociales más dinámicos mediante la adaptación de los procesos de enseñanza según las necesidades y características de cada alumno [20].

Análisis de sistemas: Es el proceso por el cual los estudiantes entrenan un sistema de tal manera que puede ser

analizado, modelado y una alternativa lógica puede ser elegida. Los proyectos de análisis de sistemas se inician por tres razones: problemas, oportunidades y directivas. El proceso mediante el cual se desarrollan los sistemas puede describirse mediante el ciclo de vida del desarrollo de sistemas. Las tareas, técnicas y herramientas utilizadas por el ciclo de vida del desarrollo de sistemas pueden denominarse metodología. Hay tres clasificaciones de las metodologías: tradicional, ingeniería de la información y orientada a objetos [21].

Diseño de currículo: El diseño del currículo es el período de planificación cuando los educadores organizan las unidades de instrucción para su curso. Este proceso involucra la planificación de actividades, lecturas y evaluaciones que logren las metas educativas. El diseño del currículo se puede segmentar en el diseño centrado en el sujeto, centrado en estudiante y centrado en el problema. El diseño centrado en la materia se centra en una disciplina específica, mientras que el diseño centrado en el estudiante se centra en los intereses y objetivos de los propios alumnos. El diseño centrado en problemas se enfoca en problemas específicos y cómo obtener soluciones. El diseño del currículo puede ser una tarea desafiante en cualquier contexto, incluso cuando se siguen las mejores prácticas propuestas tanto por académicos como por docentes. Requiere una gran cantidad de investigación, planificación y posible transformación y remodelación de los sistemas de valores para lograr un programa o curso de trabajo [22].

Calidad del trabajo en equipo: Según [23], la calidad del trabajo en equipo se refiere únicamente a la calidad de las interacciones. Las medidas del proceso de la tarea, la estrategia de la tarea y la calidad del desempeño de las actividades de la tarea realizadas por los miembros individuales del equipo no son el tema de esta construcción, ni tampoco las actividades de gestión como la planificación de tareas, la asignación de recursos o la gestión por objetivos. La calidad de trabajo en equipo se conceptualiza como una construcción de orden superior y se basa en el modelo de entrada-proceso-salida de Hackman sobre el comportamiento y la eficacia del grupo [24]. Los seis subconstructos de comunicación, coordinación, equilibrio de la contribución de los miembros, apoyo mutuo, esfuerzo y cohesión cubren medidas de interacción interna en equipos relevantes para el desempeño.

Trabajo en grupo: En las últimas dos décadas, una visión constructivista de la enseñanza de las ciencias e ingeniería se ha vuelto cada vez más popular en las aulas y laboratorios. El trabajo en grupo colaborativo que reconoce las estrategias de aprendizaje en equipo se considera una forma atractiva de avanzar en la enseñanza de las ciencias, con un entorno cooperativo propuesto para crear una atmósfera de aprendizaje más relajada, amigable e interactiva en comparación con el aprendizaje tradicional de las aulas aisladas [25]. Con énfasis en los estudiantes trabajando juntos para maximizar su propio aprendizaje y el de los demás, el trabajo en grupo colaborativo

parece ser un enfoque educativo convincente para la adquisición de conceptos científicos en un alto nivel cognitivo [26]. En otras palabras, el aprendizaje de la ciencia constructivista abarca el cambio conceptual que surge de la construcción de nuevos conceptos basados en un conocimiento sólido previo. Se cree que este estilo de aprendizaje es aún más eficiente cuando el nuevo conocimiento se asocia con lo aprendido previamente [27].

Entorno de aprendizaje: es un determinante importante de los comportamientos de aprendizaje, las competencias profesionales y el rendimiento académico de los estudiantes. También es un indicador esencial de la calidad de los programas de enseñanza [28]. Por lo tanto, es fundamental explorar y examinar los elementos del entorno educativo que influyen en el proceso de aprendizaje de los estudiantes y que pueden identificar diferentes brechas y ayudar a analizar sus necesidades. Varios estudios han documentado el impacto de una percepción positiva de las condiciones de aprendizaje en el rendimiento académico de ellos. Por ejemplo, en [29] se confirmó que los estudiantes con una percepción positiva del entorno de aprendizaje, probablemente, obtengan mejores resultados académicos. Del mismo modo, en [30] demostraron una asociación significativa entre una percepción positiva del entorno de aprendizaje y la adopción de un enfoque profundo del aprendizaje.

Evaluación de competencias: En los programas de ingeniería, se muestra un modelo de evaluación basado en competencias, en el que las habilidades necesarias para la práctica se definen como resultados del aprendizaje. Cada competencia contiene hitos que describen etapas de desarrollo y proporcionan criterios para evaluar a los estudiantes a lo largo de la materia. Las evaluaciones en la formación de ingenieros basada en competencias son formativas y están destinadas a ayudar a los estudiantes a alcanzar la siguiente etapa de dominio en lugar de brindar una evaluación final [31]. Si bien los exámenes escritos se utilizan típicamente para evaluar a los alumnos, las evaluaciones que miden el desempeño de las habilidades, como la observación directa brinda evidencia más sólida del logro de los resultados del aprendizaje. Una vez que las evaluaciones identifican las fortalezas y las áreas de mejora en estudiante, la retroalimentación efectiva es fundamental para ayudar a su desarrollo profesional.

En tal sentido, la retroalimentación debe ser rutinaria, oportuna, no amenazante, específica y fomentar la autoevaluación. El método de retroalimentación “preguntar-decir-preguntar” sigue este marco solicitando, siguiendo la siguiente secuencia [31]: Inicialmente, la autoevaluación del estudiante; seguido de la evaluación del observador; finalmente, solicitando las preguntas del estudiante y el plan de acción para abordar los problemas planteados. La evaluación y la retroalimentación efectivas en la educación de ingeniería basada en competencias ayudan a los estudiantes en su desarrollo profesional continuo y tienen como objetivo

proporcionar evidencia de su impacto de su desempeño laboral y profesional.

En el segundo periodo (2016-2021) reaparecen los tópicos de Calidad del trabajo en equipo y Diseño de currículo como una continuidad del periodo anterior. De la misma forma, se muestran los siguientes tópicos en este periodo: Experiencias de aprendizaje, Diseño de ingeniería, TIC (tecnologías de la información y la comunicación) en Educación, Compromiso estudiantil, Proyecto estudiantil, Proyecto interdisciplinar y Sistemas de aprendizaje electrónico.

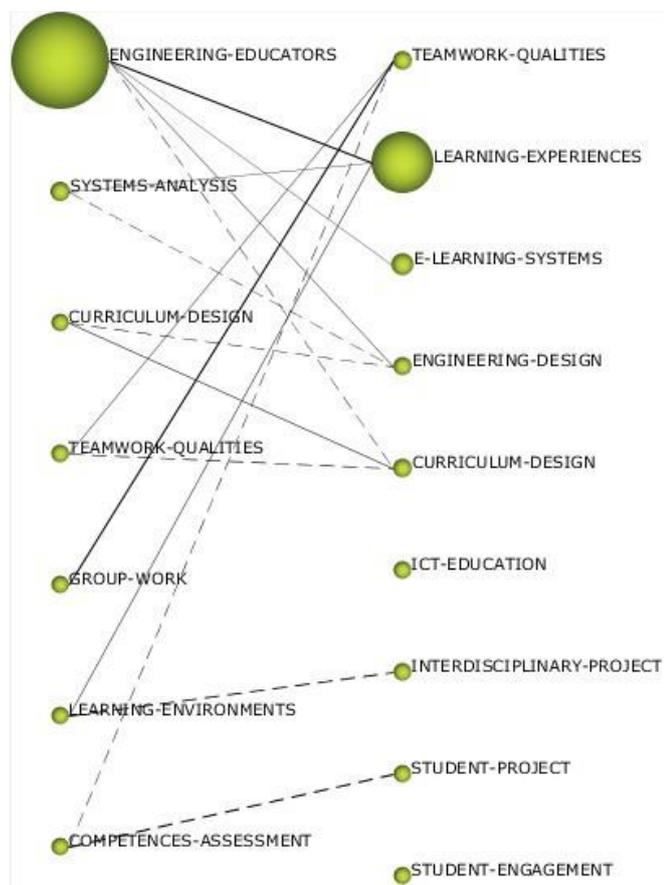


Fig. 4 Evolución temática del aprendizaje basado en proyectos empleado en disciplinas de ingeniería.

Experiencias de aprendizaje y Diseño de ingeniería: En este tópico, los investigadores exploran y comparan cómo diferentes prácticas de instrucción en diseño pueden apoyar la adquisición de habilidades a través del aprendizaje basado en proyectos, así como el impacto de tales prácticas en el desempeño de los estudiantes [32]. En particular, se evaluaron cuantitativamente sobre la efectividad de diferentes prácticas en línea para apoyar cuatro formas de trabajo; identificación de un problema y sus limitaciones, investigación de posibles soluciones, toma de decisiones y comunicación de tales decisiones en un formato apropiado. Las percepciones sugieren que el ABP de una forma virtual es efectivo en el

diseño de ingeniería y se basa en prácticas de instrucción que fusionan apoyo técnico personalizado y constructivo con retroalimentación formativa inmediata, y que promueven conexiones sociales más profundas entre estudiantes y académicos.

Para analizar los temas más relevantes relacionados con la producción científica del ABP aplicado en el área de ingeniería, se presenta el diagrama estratégico para cada periodo. El tamaño y el número dentro de la esfera son proporcionales al conjunto de documentos vinculados al tema de investigación en particular. En el periodo 2000-2015, el énfasis de los investigadores se centra en los educadores en ingeniería, diseño de currículo y el análisis de sistemas por ser tópicos que se encuentran en el primer cuadrante del mapa estratégico, como se muestra en la Fig. 5. De la misma forma, se muestra un tema aislado del segundo cuadrante que corresponde a grupos de trabajo. Mientras que Ambientes de aprendizaje y Evaluación de competencias se consideran tópicos emergentes. Finalmente, el mapa estratégico muestra a calidad del trabajo en equipo como un tema transversal del campo de investigación por aparecer en el cuarto cuadrante.

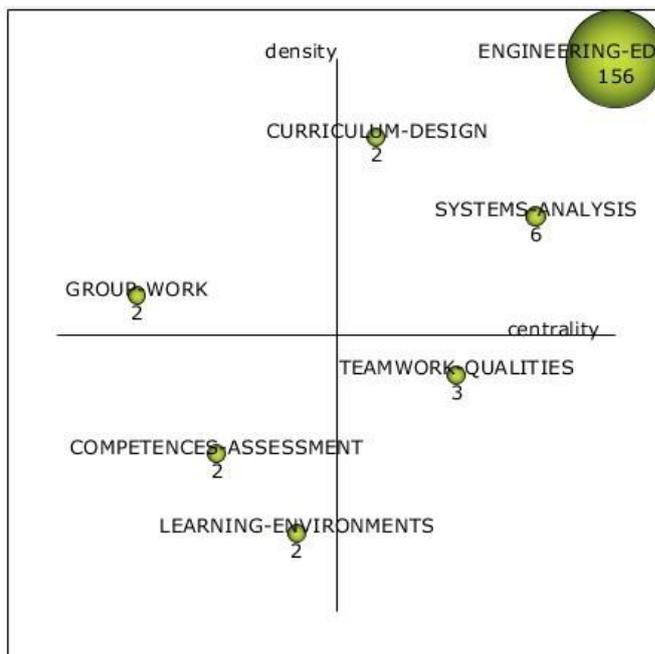


Fig. 5 Mapa estratégico para el periodo 2000-2015.

De la misma forma, en el segundo periodo (2016-2021) se presenta los temas de calidad del trabajo en equipo, Experiencias de aprendizaje, Diseño de ingeniería y Diseño de currículo como tópicos motores del ABP aplicado en ingeniería. Por otro lado, en el segundo cuadrante se encuentra el tema especializado y aislado de TIC en Educación, tal y como se presenta en la Fig. 6. Seguidamente, Compromiso estudiantil, Proyecto estudiantil y Proyecto interdisciplinar se consideran temas emergentes o en declive para el segundo

periodo evaluado. Finalmente, el t3pico de Sistemas de aprendizaje electr3nico se muestra como un tema transversal para el campo de investigaci3n, de acuerdo con el mapa estrat3gico.

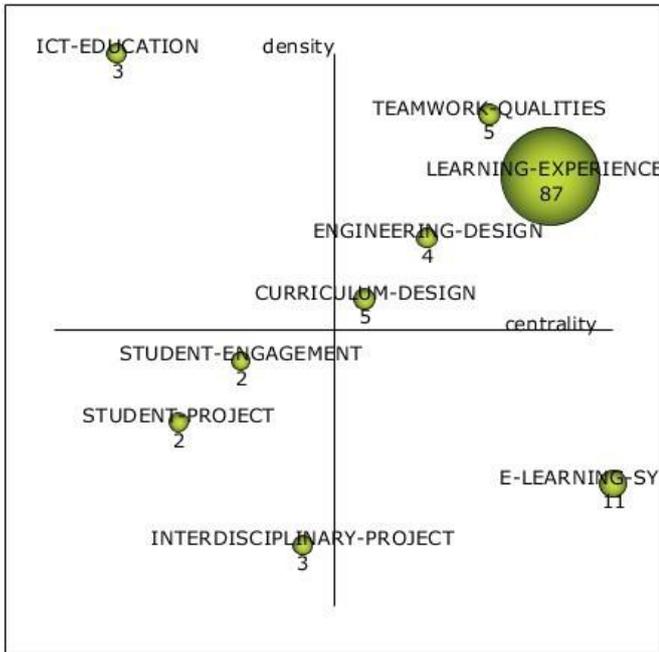


Fig. 6 Mapa estrat3gico para el periodo 2016-2021.

estrechamente relacionados con enfoque 3gil (agile approach), t3tulos de ingenier3a (Engineering degrees), evaluaci3n por pares (Peer assessment), proyectos multidisciplinarios (Multidisciplinary projects), centrado en el estudiante (Student centred), concursos de ingenier3a (Engineering contests), trabajo en grupo (Group work) y proyectos de equipo de estudiantes (Student team projects). Los enfoques 3giles se utilizan para la implementaci3n de proyectos bajo ese concepto; y de esa forma, se convirti3o en una disciplina reconocida en el siglo XX como una capacidad organizacional integrada en m3ltiples proyectos, adquiriendo la necesidad de que las organizaciones empleen un m3todo sistem3tico para su implementaci3n y soporte, haciendo cumplir la buena gobernanza [33].

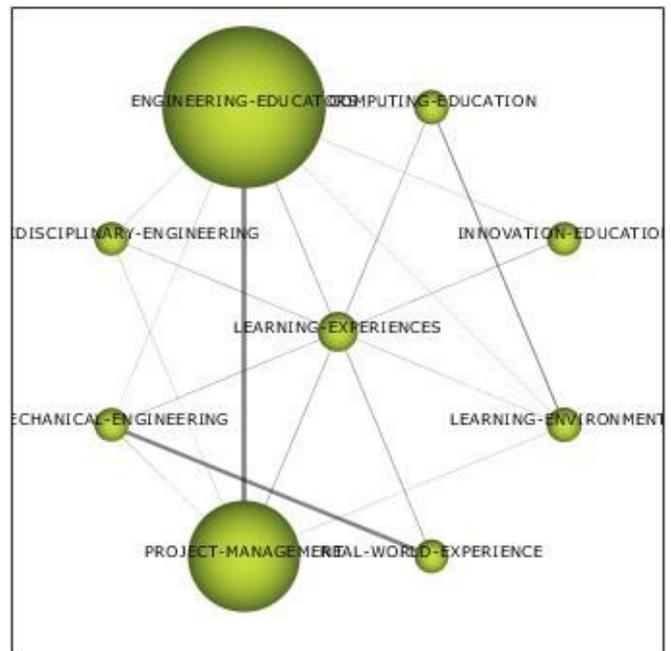


Fig. 8 Red tem3tica de experiencias de aprendizaje del periodo 2016-2021.

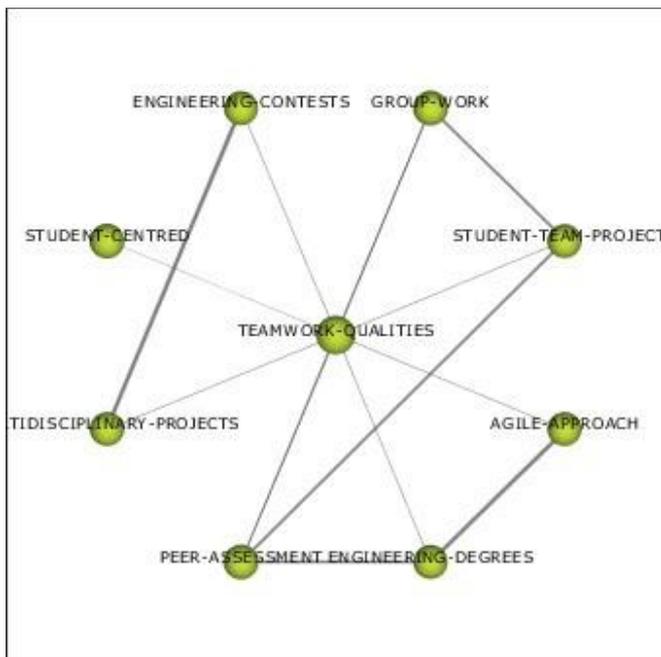


Fig. 7 Red tem3tica para calidad del trabajo en equipo del periodo 2016-2021.

La red tem3tica de calidad de trabajo en equipo (Fig. 7) para el periodo 2016-2021 tiene v3nculos de inter3s

Las Fig. 8 muestra los t3picos que se relacionan con el tema de experiencias de aprendizaje. Entre ellos se tiene a ambientes de aprendizaje (learning environments), experiencia del mundo real (real world experience), gesti3n de proyectos (project management), ingenier3a mec3nica (mechanical engineering) ingenier3a multidisciplinaria (multidisciplinary engineering), educadores de ingenier3a (engineering educators), educaci3n inform3tica (computing education) e innovaci3n en la educaci3n (innovation education). Los temas m3s relevantes de este grupo est3n representados por educadores de ingenier3a con 192 documentos que contienen esos t3rminos y el t3pico de gesti3n de proyectos con 117, tal y como se muestra por medio del tama1o de las esferas en la Fig. 8.

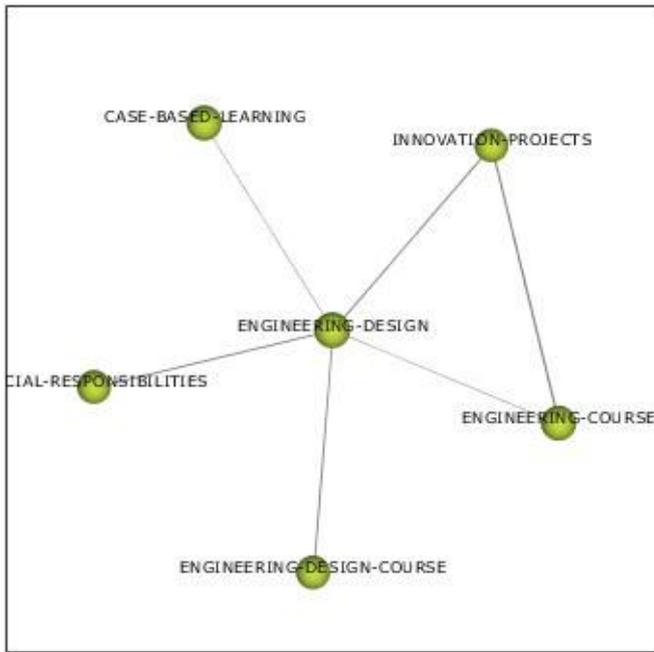


Fig. 9 Red temática para diseño de ingeniería del periodo 2016-2021.

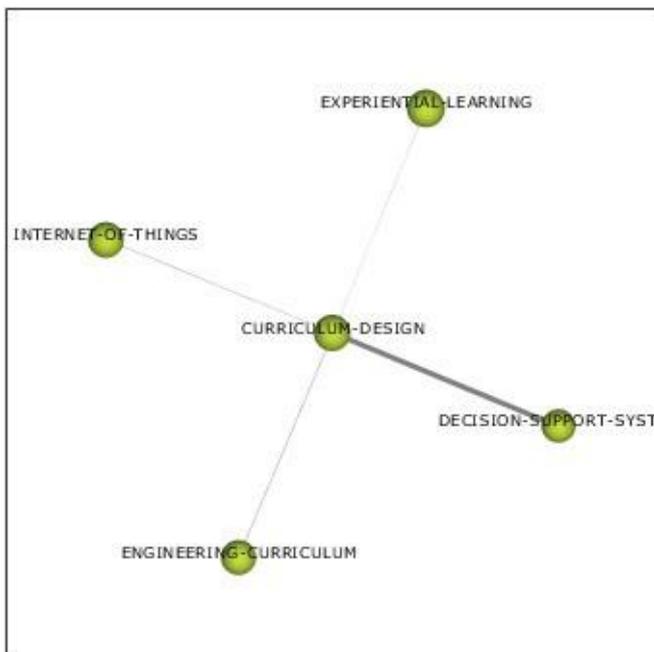


Fig. 10 Red temática para diseño del currículo del periodo 2016-2021.

La Fig. 9 muestra la red temática de diseño de ingeniería. Esta red se relaciona con los tópicos de curso de ingeniería (engineering course), curso de diseño de ingeniería (engineering design course), responsabilidades sociales (social responsibilities), aprendizaje basado en casos (case based learning) y proyectos de innovación (innovation

projects). El aprendizaje basado en casos es un método de instrucción dentro del contexto del aprendizaje centrado en el estudiante que facilita los efectos de aprendizaje utilizando estudios de casos [34] y es una adaptación del aprendizaje basado en casos en la educación médica y de enfermería [35]. Aunque se han informado efectos favorables del aprendizaje basado en casos, tiene algunas deficiencias. Por ejemplo, toda la información relacionada con un caso está disponible para el estudiante y todos los escenarios se les proporcionan a la vez [36].

La Fig. 10 muestra los tópicos que se relacionan con el tema de diseño curricular. Entre ellos se encuentra a sistema de soporte de decisiones (decision support-system), plan de estudios de ingeniería (engineering curriculum), internet de las cosas (internet of things) y aprendizaje experimental (experiential learning). Los tópicos más importantes que los investigadores abordan corresponden a aprendizaje experimental y el plan de estudios de ingeniería.

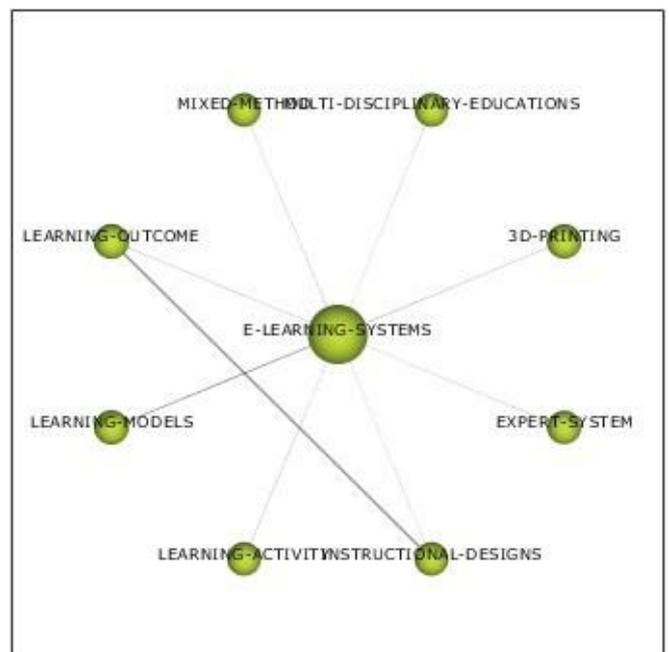


Fig. 11 Red temática para sistemas de aprendizaje electrónico del periodo 2016-2021.

Finalmente, en la Fig. 11 se muestra la red temática de sistemas de aprendizaje electrónico (E-learning systems). Esta red está compuesta por sistemas expertos (Expert system), Diseños instructivos (Instructional designs), Actividad de aprendizaje (Learning activity), Modelos de aprendizaje (Learning models), Resultado de aprendizaje (Learning outcome), Método mixto (Mixed method), Educaciones multidisciplinares (Multi disciplinary educations) e Impresión 3d (3d printing).

Un sistema experto es un programa de computadora que utiliza tecnologías de inteligencia artificial (IA) para simular el juicio y el comportamiento de un ser humano o una

organización que tiene conocimiento experto y experiencia en un campo en particular. Un sistema experto generalmente consta de cuatro componentes: una base de conocimiento, el sistema de búsqueda o inferencia, un sistema de adquisición de conocimiento y la interfaz de usuario o sistema de comunicación.

TABLA I
DESEMPEÑO DE LA TEMÁTICA DEL CAMPO DE INVESTIGACIÓN

Tema	Índice h	No. Artículos	Suma de citas	Cuadrante
Periodo: 2000-2015				
Engineering educators	19	156	4815	Q1
Systems analysis	3	6	80	Q1
Curriculum design	1	2	28	Q1
Teamwork qualities	1	3	10	Q4
Group work	2	2	19	Q2
Learning environments	1	2	129	Q3
Competence assessment	1	2	2	Q3
Periodo: 2016-2021				
Ict education	1	3	20	Q2
Teamwork qualities	1	5	62	Q1
Learning experiences	8	87	550	Q1
Engineering design	1	4	13	Q1
Curriculum design	3	5	12	Q1
Student engagement	1	2	23	Q3
Student project	1	2	39	Q3
E-learning systems	3	11	104	Q4
Interdisciplinary project	1	3	52	Q3

La Tabla II muestra el desempeño de los temas mostrados en el mapa evolutivo en función a las aplicaciones del ABP en cursos de ingeniería. El tópico con mayor desempeño corresponde al tema de educadores de ingeniería para el primer periodo, con un índice h de 19, 157 artículos vinculados y 4815 citas dentro del periodo evaluado; encontrándose en el primer cuadrante, como se muestra en la Tabla I. Sin embargo, para el segundo periodo evaluado (2016-2021), el tópico de mayor importancia está dado por experiencias de aprendizaje con un índice h de 8 y un total de 550 citas en base a 87 artículos relacionados. Cabe resaltar que sistemas de aprendizaje electrónico se muestra en el cuadrante iv, siendo un tema básico y transversal del campo de investigación; con un índice h de 3, 11 documentos de investigación y un total de 104 citas.

IV. CONCLUSIONES

El objetivo de este documento fue realizar un análisis bibliométrico para medir el desempeño del uso del aprendizaje basado en proyectos (ABP) en los cursos de ingeniería. Los resultados muestran que el tópico con mayor desempeño para el periodo 2000-2015 corresponde al tema de educadores de ingeniería, con un índice h de 19, 157 artículos vinculados y 4815 citas dentro del periodo evaluado. Sin embargo, como resultado del confinamiento inducido por la pandemia, las actividades docentes en las universidades se vieron obligada a realizar aceleradamente la transición a la enseñanza digital.

La enseñanza en línea en áreas de ingeniería es de notar por medio de los resultados obtenidos, donde se muestra que los sistemas de aprendizaje electrónico (E-Learning-Systems) representa un tema transversal (cuadrante 4 del mapa estratégico) en el campo de investigación evaluado para el periodo 2016-2021. Ello se debe a la tendencia e importancia en el tópico por parte de los investigadores, donde existe una necesidad constante de encontrar soluciones y experiencias sobre la aplicación de metodologías de aprendizaje para la migración del sistema tradicional al sistema en línea.

Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos se comprueba la relevancia de la metodología del ABP en los cursos de formación en ingeniería. De tal forma que la metodología de aprendizaje del ABP requiere la integración de plataformas de aprendizaje electrónico para la formación de los estudiantes del área evaluada. Ello se relaciona estrechamente con los tópicos motores (cuadrante 1) mostrados en el mapa estratégico del periodo 2016-2021, como asegurar la calidad de trabajo en equipo; monitorear adecuadamente las experiencias de aprendizaje; potenciar el enfoque en el diseño de ingeniería; y trabajar en la planificación del diseño del currículo, con la finalidad de involucrar todas las actividades y evaluaciones de las metas educativas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el apoyo en parte de la Universidad Privada del Norte (UPN).

REFERENCIAS

- [1] J. Bourne, D. Harris, and F. Mayadas, "Online Engineering Education: Learning Anywhere, Anytime," *J. Eng. Educ.*, vol. 94, no. 1, pp. 131–146, Jan. 2005, doi: 10.1002/J.2168-9830.2005.TB00834.X.
- [2] C. F. Chiu, "Facilitating K-12 Teachers in Creating Apps by Visual Programming and Project-based Learning," *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 15, no. 01, pp. 103–118, Jan. 2020, doi: 10.3991/IJET.V15I01.11013.
- [3] D. Yang, Y. Baek, and S. Swanson, "Developing Computational Thinking through Project-Based Airplane Design Activities," *2020 IEEE Front. Educ. Conf.*, vol. 2020-October, pp. 1–4, Oct. 2020, doi: 10.1109/FIE44824.2020.9274021.
- [4] A. Saad and S. Zainudin, "A review of Project-Based Learning (PBL) and Computational Thinking (CT) in teaching and learning," *Learn. Motiv.*, vol. 78, p. 101802, May 2022, doi: 10.1016/J.LMOT.2022.101802.
- [5] T. C. Hsu, S. C. Chang, and Y. T. Hung, "How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature,"

- Comput. Educ., vol. 126, pp. 296–310, Nov. 2018, doi: 10.1016/J.COMPEDU.2018.07.004.
- [6] J. Vivolo, “Understanding and combating resistance to online learning,” *Sci. Prog.*, vol. 99, no. 4, pp. 399–412, Dec. 2016, doi: 10.3184/003685016X14773090197742.
- [7] S. Asgari, J. Trajkovic, M. Rahmani, W. Zhang, R. C. Lo, and A. Sciortino, “An observational study of engineering online education during the COVID-19 pandemic,” *PLoS One*, vol. 16, no. 4, p. e0250041, Apr. 2021, doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0250041.
- [8] J. Grodotzki, S. Upadhy, and A. E. Tekkaya, “Engineering education amid a global pandemic,” *Adv. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 3, p. 100058, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.AIME.2021.100058.
- [9] M. Park, J. J. Park, K. Jackson, and G. Vanhoy, “Online Engineering Education Under COVID-19 Pandemic Environment,” *Int. J. Multidiscip. Perspect. High. Educ.*, vol. 5, no. 1, pp. 160–166, Jan. 2020, doi: 10.32674/JIMPHE.V5I1.2811.
- [10] C. Salazar-Concha, P. Ficapal-Cusí, J. Boada-Grau, and L. J. Camacho, “Analyzing the evolution of technostress: A science mapping approach,” *Heliyon*, vol. 7, no. 4, p. e06726, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e06726.
- [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/ASL.22688.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, “SciMAT: Version 1.0 User guide,” Spain, 2016.
- [15] 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.
- [16] M. Callon, J. P. Courtial, and F. Laville, “Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry,” *Scientometrics*, vol. 22, no. 1, pp. 155–205, Sep. 1991, doi: 10.1007/BF02019280.
- [17] J. A. Moral-Muñoz, M. J. Cobo, E. Peis, M. Arroyo-Morales, and E. Herrera-Viedma, “Analyzing the research in Integrative & Complementary Medicine by means of science mapping,” *Complement. Ther. Med.*, vol. 22, no. 2, pp. 409–418, Apr. 2014, doi: 10.1016/j.ctim.2014.02.003.
- [18] W. Kilpatrick Heard, “The Project Method,” *Education in England, the history of our schools*, vol. XIX. Teachers College, Columbia University, New York, pp. 1–18, 1918. Accessed: Mar. 17, 2022. [Online]. Available: <http://www.educationengland.org.uk/documents/kilpatrick1918/index.html>
- [19] F. Zahirah Mohamed Zaki, S. L. Wong, and M. Ridzwan Yaakub, “A Review of Common Features in Computational Thinking Frameworks in K-12 Education,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 551, no. 1, Aug. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/551/1/012063.
- [20] E. Forcael, G. Garcés, P. Backhouse, and E. Bastías, “How do we teach? A practical guide for engineering educators,” *Int. J. Eng. Educ.*, vol. 34, no. 5, pp. 1451–1466, 2018.
- [21] T. Barrier, “Systems Analysis,” in *Encyclopedia of Information Systems*, Elsevier, 2003, pp. 345–349, doi: 10.1016/B0-12-227240-4/00177-5.
- [22] K. Crites and E. Rye, “Innovating language curriculum design through design thinking: A case study of a blended learning course at a Colombian university,” *System*, vol. 94, p. 102334, Nov. 2020, doi: 10.1016/J.SYSTEM.2020.102334.
- [23] M. Hoegl and H. G. Gemuenden, “Teamwork Quality and the Success of Innovative Projects: A Theoretical Concept and Empirical Evidence,” <https://doi.org/10.1287/orsc.12.4.435.10635>, vol. 12, no. 4, pp. 435–449, Aug. 2001, doi: 10.1287/ORSOC.12.4.435.10635.
- [24] Y. Lindsjörn, D. I. K. Sjøberg, T. Dingsøyr, G. R. Bergersen, and T. Dybå, “Teamwork quality and project success in software development: A survey of agile development teams,” *J. Syst. Softw.*, vol. 122, pp. 274–286, Dec. 2016, doi: 10.1016/J.JSS.2016.09.028.
- [25] D. Fung, “Achieving individual and collaborative success: An investigation of guided group work and teacher participation in junior secondary science classrooms,” *Int. J. Educ. Res.*, vol. 111, p. 101908, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.IJER.2021.101908.
- [26] “Teaching Science for Conceptual Change: Theory and Practice,” *Int. Handb. Res. Concept. Chang.*, pp. 499–515, Jul. 2013, doi: 10.4324/9780203154472-36.
- [27] I. N. Jampel, Fahrurrozi, G. Artawan, I. W. Widiana, D. P. Parmiti, and J. Hellman, “Studying Natural Science in Elementary School Using NOS-Oriented Cooperative Learning Model with the NHT Type,” *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 7, no. 2, pp. 138–146, Jul. 2018, doi: 10.15294/JPII.V7I2.9863.
- [28] K. Boukhris, C. Zedini, and M. El Ghardallou, “Nurse students’ perception of the academic learning environment in Tunisian institutes of nursing sciences: A multisite cross-sectional study,” *Nurse Educ. Today*, vol. 111, p. 105316, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.NEDT.2022.105316.
- [29] K. N. Alotaibi, “The learning environment as a mediating variable between self-directed learning readiness and academic performance of a sample of Saudi nursing and medical emergency students,” *Nurse Educ. Today*, vol. 36, pp. 249–254, Jan. 2016, doi: 10.1016/J.NEDT.2015.11.003.
- [30] R. Ullah, J. T. E. Richardson, R. A. Malik, and S. Farooq, “Perceptions of the learning environment, learning preferences, and approaches to studying among medical students in Pakistan,” *Stud. Educ. Eval.*, vol. 50, pp. 62–70, Sep. 2016, doi: 10.1016/J.STUEDUC.2016.07.001.
- [31] G. B. Lee and A. M. Chiu, “Assessment and feedback methods in competency-based medical education,” *Ann. Allergy, Asthma Immunol.*, vol. 128, no. 3, pp. 256–262, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.ANAI.2021.12.010.
- [32] D. Beneroso and J. Robinson, “Online project-based learning in engineering design: Supporting the acquisition of design skills,” *Educ. Chem Eng.*, vol. 38, pp. 38–47, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.ECE.2021.09.002.
- [33] J. Sithambaram, M. H. N. B. M. Nasir, and R. Ahmad, “Issues and challenges impacting the successful management of agile-hybrid projects: A grounded theory approach,” *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 39, no. 5, pp. 474–495, Jul. 2021, doi: 10.1016/J.IJPROMAN.2021.03.002.
- [34] Z. Yu et al., “Effects of blended versus offline case-centred learning on the academic performance and critical thinking ability of undergraduate nursing students: A cluster randomised controlled trial,” *Nurse Educ. Pract.*, vol. 53, May 2021, doi: 10.1016/J.NEPR.2021.103080.
- [35] J. Mills et al., “‘Putting it together’: unfolding case studies and high-fidelity simulation in the first-year of an undergraduate nursing curriculum,” *Nurse Educ. Pract.*, vol. 14, no. 1, pp. 12–17, Jan. 2014, doi: 10.1016/J.NEPR.2013.06.003.
- [36] J. T. Carter and S. Welch, “The Effectiveness of Unfolding Case Studies on ADN Nursing Students’ Level of Knowledge and Critical Thinking Skills,” *Teach. Learn. Nurs.*, vol. 11, no. 4, pp. 143–146, Oct. 2016, doi: 10.1016/J.TELN.2016.05.004.