



Revista Innova Educación

www.revistainnovaeducacion.com

ISSN: 2664-1496 ISSN-L: 2664-1488

Editada por: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inuudi Perú

ARTÍCULO ORIGINAL


Índice de dificultad y aprendizaje activo en Educación 4.0 aplicada a formación universitaria

Difficulty index and active learning in Education 4.0 applied to university education

Índice de dificuldade e aprendizagem ativa na Educação 4.0 aplicado ao ensino universitário

José Labori¹

Universidad de Aconcagua, Calama – Antofagasta, Chile

 <https://orcid.org/0000-0002-2161-156X>
joselabori47@gmail.com (correspondencia)

DOI: <https://doi.org/10.35622/j.rie.2023.03.008>

Recibido: 12/06/2023 Aceptado: 12/09/2023 Publicado: 20/09/2023

PALABRAS CLAVE

aprendizaje, educación 4.0, educación superior, índice de dificultad, metodología activa.

RESUMEN. El desarrollo de esta investigación tuvo por objeto conocer, mediante la utilización de una metodología basada en Educación 4.0, si dicho modelo permite el aumento del porcentaje de participación del alumnado con un índice de dificultad adecuado en las evaluaciones. Para ello, se utilizó un método mixto cuantitativo - cualitativo con un estudio de caso implementado en 138 estudiantes de la Universidad de Aconcagua (Chile) de septiembre 2022 a julio 2023. Los instrumentos para recoger la información fueron listas de cotejo de calificaciones y participaciones (pre y postest), así como una encuesta complementaria para el alumnado. Los resultados indican que el porcentaje de actividades completadas incrementó su media de 45,1% a 71,3% ($p < 0.001$) con un indicador d de Cohen de 0,89 resaltando un tamaño del efecto mucho más grande que el típico; así mismo, el índice de dificultad en ambos casos se mantuvo en el rango de “dificultad adecuada” variando levemente de 0,639 a 0,621 con una percepción del alumnado que integra finalmente los resultados anteriores. Se concluye que los efectos de la aplicación de la Educación 4.0 son positivos al fomentar el aprendizaje activo y la implementación adecuada de desafíos para el logro de competencias del siglo XXI.

KEYWORDS

active methodology, education 4.0, difficulty index, learning, higher education.

ABSTRACT. The aim of this research was to determine, using a methodology based on Education 4.0, whether this model allows for an increase in student participation percentages with an appropriate level of difficulty in assessments. To achieve this, a mixed quantitative-qualitative method was employed in a case study conducted with 138 students at the University of Aconcagua in Chile from September 2022 to July 2023. Data collection instruments included grade and participation checklists (pre and post-tests) as well as a supplementary survey for students. The results indicate that the percentage of completed activities increased from an average of 45.1% to 71.3% ($p < 0.001$), with a Cohen's d effect size indicator of 0.89, highlighting a much larger than typical effect size. Additionally, the difficulty index remained within the "appropriate difficulty" range in both cases, with a slight variation from 0.639 to 0.621. The students' perception aligns with the aforementioned results. In conclusion, the effects of implementing Education 4.0 are positive in

¹ Magíster en Docencia e Investigación en Educación Superior por la Universidad de Aconcagua, Chile.



promoting active learning and the proper implementation of challenges to achieve 21st-century competencies.

PALAVRAS-CHAVE

aprendizagem, educação 4.0, Índice de dificuldade: Índice de dificuldade, metodologia ativa.

RESUMO. O desenvolvimento desta pesquisa teve como objetivo determinar, usando uma metodologia baseada na Educação 4.0, se esse modelo permite o aumento da porcentagem de participação dos alunos com um índice de dificuldade apropriado nas avaliações. Para isso, foi utilizado um método misto quantitativo-qualitativo em um estudo de caso com 138 estudantes da Universidade de Aconcagua (Chile) de setembro de 2022 a julho de 2023. Os instrumentos de coleta de dados incluíram listas de verificação de notas e participações (pré e pós-testes), bem como uma pesquisa complementar para os alunos. Os resultados indicam que a porcentagem de atividades concluídas aumentou de uma média de 45,1% para 71,3% ($p < 0,001$), com um indicador d de tamanho de efeito de Cohen de 0,89, destacando um tamanho de efeito muito maior do que o típico; além disso, o índice de dificuldade permaneceu dentro da faixa de "dificuldade apropriada" em ambos os casos, com uma leve variação de 0,639 para 0,621. A percepção dos alunos está alinhada com os resultados mencionados anteriormente. Em conclusão, os efeitos da implementação da Educação 4.0 são positivos ao promover a aprendizagem ativa e a implementação adequada de desafios para alcançar competências do século XXI.

1. INTRODUCCIÓN

A través de la historia, la educación ha tenido la necesidad de evolucionar acorde a la tecnología y a los avances en la industria. Según autores como Miranda et al. (2021) en la Educación 1.0 se partió con la mecanización de sistemas y el docente como el centro; luego, en la Educación 2.0 empezó la industrialización junto con la educación por correspondencia y por difusión, después, en la educación 3.0 emergió el acceso a internet, la automatización y las primeras iniciativas de la educación centrada en el estudiante. Hoy día, la industria 4.0 está caracterizada por la unificación del mundo físico de las máquinas de producción y el mundo digital (Gajek et al., 2022), de modo que esta nueva revolución demanda una Educación 4.0 mayormente centrada en el estudiante y en su adaptación a la digitalización.

La Educación 4.0 no posee una definición teórica concreta, sin embargo se ha concebido como un enfoque educativo que fomenta el uso de tecnologías para optimizar el aprendizaje y, en consecuencia, proporcionar soluciones innovadoras a problemas reales y complejos (Sifuentes Ocegueda et al., 2022). El tema central de la presente investigación está en la aplicación de los elementos básicos de la educación 4.0 en un entorno de formación universitaria. Según Miranda et al. (2019) los cuatro componentes principales de la educación 4.0 son los siguientes:

(i) Implementación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) actuales: El uso de tecnologías de información y comunicación en los procesos educativos está enfocado en intensificar el proceso educacional, elevar el interés de los estudiantes por estudiar los temas, incrementar el ritmo de las lecciones, la cantidad de trabajo independiente, el desarrollo de pensamiento lógico y la cultura del trabajo intelectual afectando positivamente la motivación en el proceso educativo (Akimov et al., 2023).

(ii) Incorporación de nuevos métodos de aprendizaje: Los métodos de aprendizaje deben evolucionar junto con los avances en tecnología y la cambiante dinámica social, estos han de ser flexibles, activos, personalizados, deben motivar a los estudiantes a desarrollar competencias útiles y habilidades para afrontar problemas reales con énfasis en el trabajo mayormente autónomo (Haderer & Ciolacu, 2022).

(iii) Creación de infraestructuras innovadoras para mejorar el proceso de aprendizaje: Los ambientes de aprendizaje en la Educación 4.0 deben acomodarse a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes

cumpliendo con requerimientos básicos de acceso a equipos actualizados, software necesario para el proceso educativo, laboratorios en buenas condiciones de trabajo y accesibilidad para la enseñanza a infantes con necesidades especiales (Miranda et al., 2021).

(iv) Desarrollo de competencias básicas en los estudiantes de hoy: En el contexto de la educación universitaria, deben entrenarse y desarrollarse habilidades deseables para el siglo XXI, competencias transversales y disciplinares, incluyendo pensamiento crítico, creatividad e innovación, cooperación, colaboración y comunicación (Ramírez-Montoya et al., 2022).

Para el análisis en la investigación, además del diseño e implantación de una metodología basada en los elementos anteriores, se tendrá una visión amplia de dicha estrategia desde tres variables: El porcentaje de actividades completadas por los estudiantes, el índice de dificultad de las evaluaciones y la percepción del alumnado sobre dicha metodología, describiendo parte de su papel protagónico en el proceso de aprendizaje (Muduli et al., 2018).

Entre los antecedentes más relevantes puede mencionarse la implantación exitosa de propuestas basadas en Educación 4.0 como en los Laboratorios abiertos del Tecnológico de Monterrey (Miranda et al., 2019), aplicándose en diversos casos de estudio como la Semana desafío, el Bootcamp de creación de empresas y el Desarrollo de proyectos de investigación multidisciplinarios, teniendo resultados positivos en cuanto a la generación de nuevo conocimiento, la transferencia de información entre pares, la creación de soluciones innovadoras y el uso activo de recursos digitales (Miranda et al., 2021).

Un enfoque muy similar a la Educación 4.0 es el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) que, según Morán-Barrios et al. (2020), puede definirse como una metodología en la cual el punto de partida es una situación problemática, permitiendo al estudiante identificar necesidades de aprendizaje que le faciliten comprender mejor el problema y cumplir con los objetivos de aprendizaje establecidos. Este ha tenido resultados satisfactorios en cuanto a la evaluación por competencias (Martín-Peña et al., 2012; Yoza & Vélez Villavicencio, 2021), desarrollo de competencias transversales (González-Hernando et al., 2013), aplicación práctica de las TICs (Flores & Meléndez, 2021) y, a pesar de que se ha sugerido su complementación con estrategias innovadoras (Gorbaneff & Cancino, 2009), ha tenido mejores resultados que el estudio de casos y la metodología tradicional en cuanto a aspectos como la asimilación de conceptos (Llobet et al., 2015).

Otros estudios previos revelan el empleo de TICs en estrategias innovadoras como el registro del progreso de los estudiantes con la implantación de un panel de resultados, teniendo desventajas como el notable trabajo añadido que conlleva en cuanto a registro y análisis de datos (Khalid et al., 2014), pero con ventajas apreciables como el ofrecer una herramienta para toma de decisiones, aumentar el cumplimiento de objetivos con fechas límite e incrementar la responsabilidad de las personas implicadas en el panel (Tilea & Bleotu, 2012).

Diversos investigadores han cuestionado la dificultad de propuestas contrarias a la Educación 4.0, como pruebas tradicionales de selección múltiple, señalando la inadecuada complejidad de las pruebas (Giaconi et al., 2021), la promoción de un aprendizaje mayormente memorístico (Hamp-Lyons, 2007), la necesidad de evaluar habilidades de orden cognitivo más alto (Haataja et al., 2023), la relevancia de competencias no logradas como el trabajo en equipo, el pensamiento crítico y el aprender a aprender (Sepulveda et al., 2021), además de la ineficiencia de dichas metodologías en la formación de capacidades de análisis, la construcción del conocimiento y el desarrollo de respuestas analíticas sobre problemas reales (Richter & Medel Romero, 2020).

Al momento de realizar un planteamiento del problema de estudio, se tiene la necesidad de añadir descripciones detalladas de metodologías basadas en Educación 4.0 (Wang et al., 2023), la escasa cantidad de estudios del grado de dificultad de evaluaciones orientadas a competencias transversales y proyectos tecnológicos (Lee & Jo, 2023; Oliveira & Saraiva, 2023), además de la poca bibliografía con estudios cuantitativos en los que se evalúen dichas estrategias (Mukul & Büyükožkan, 2023), todo esto impulsado por el incremento de la competitividad de los graduandos en cuanto a las exigencias digitales en la Industria 4.0 (AlMalki & Durugbo, 2023; Qian et al., 2023).

Como objetivos de la investigación se tienen el diseñar las bases de una metodología que incluya los cuatro elementos de la Educación 4.0, aplicar dicha estrategia en los estudiantes de la facultad de ingeniería de la Universidad de Aconcagua, determinar el porcentaje de participaciones activas de los estudiantes durante todo el semestre, calcular los índices de dificultad en las evaluaciones aplicadas, registrar las percepciones del alumnado sobre la metodología aplicada e integrar los resultados anteriores para el análisis de la metodología propuesta.

2. MÉTODO

Tipo de estudio

La investigación tuvo una ruta mixta, ya que representó una recolección de datos cuantitativos y cualitativos para realizar inferencias producto de toda la información recabada y obtener un entendimiento más completo del fenómeno estudiado (DeCuir-Gunby & Schutz, 2017). Así mismo, se tuvo una investigación exploratoria ya que se aborda un campo poco conocido para ser aclarado y delimitado (Paneque, 1998), además de que el diseño fue propio de un estudio de caso, llevándose a cabo mediciones preprueba y posprueba a un grupo en específico (Hernández Sampieri et al., 2018).

Población y muestra

La población de esta investigación está conformada por los estudiantes de la facultad de ingeniería de la Universidad de Aconcagua, Chile. El tipo de muestreo trabajado ha sido no probabilístico por conveniencia, ya que se han seleccionado casos accesibles por su proximidad y ha pasado por distintos criterios de inclusión (Otzen & Manterola, 2017), estos criterios fueron el ser mayor de 18 años, pertenecer a carreras asociadas a la electricidad y a la automatización industrial, tener al menos un 50% de asistencia a clases, y participar voluntariamente en el proceso de la investigación, teniéndose una muestra final de 138 estudiantes.

Instrumentos de recolección de datos

Como técnicas de investigación se utilizaron el registro de datos estadísticos y el cuestionario abierto, ambos diseñados “ad hoc” de acuerdo con las características del estudio. Para la recolección cuantitativa de datos se tiene una rúbrica de cotejo de calificaciones y actividades completadas con un enfoque similar al manejado por Suárez-Lantarón y García-Martínez (2022). Para complementar la investigación con datos cualitativos se utilizó un cuestionario abierto mediante una encuesta a los estudiantes al final del semestre con preguntas abiertas. Para la validación de los instrumentos a emplear en la investigación, fue empleado como método el juicio de expertos, cumpliendo con los criterios de validez y fiabilidad para llevar a cabo el estudio.

En cuanto al procesamiento de los datos cualitativos, fue empleada la aplicación “Formularios” de Google con la posibilidad de recopilar respuestas largas. Así mismo, para procesar los datos cuantitativos fue utilizado el

software Microsoft Excel, calculando variables y los parámetros estadísticos expuestos en la sección de resultados.

3. RESULTADOS

En esta sección, los resultados se dividirán en tres partes, a saber, la descripción de la propuesta metodológica Educación con 4.0, los resultados cuantitativos y las percepciones del estudiantado.

Propuesta metodológica con Educación 4.0. Al diseñar una dinámica de clase que cubra las exigencias de la industria 4.0, se debe considerar el cambio de paradigma necesario, pasando de un método centrado en la enseñanza (docente) a un método centrado en el aprendizaje (estudiante) (Taípe, 2020). Para aplicar dicha transición se consideran las ventajas principales de los siguientes tres aspectos:

Parte I: Bases teórico-prácticas

La metodología clase a clase empieza con una breve explicación teórica del tema a tratar junto con ejemplos de aplicación (cubriendo aproximadamente un 30% del tiempo de la sesión), el propósito de los ejemplos propuestos está en las bases del logro de “Resultados de aprendizaje” con una aplicación real de los conocimientos en la resolución de problemas (Jenkins & Unwin, 2001).

Se opta por este estilo de Clase Magistral para iniciar la clase, ya que se recomienda como andamiaje del aprendizaje, sobre todo en la comprensión de conceptos y procedimientos difíciles (March, 2006), además, el desarrollar cada clase combinando estrategias activas y pasivas ha demostrado resultados positivos en cuanto a la aplicación práctica de conocimientos con acciones reflexivas (Gagné et al., 2021).

Parte II: Aprendizaje activo

La aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas ha demostrado mejor desarrollo de competencias que el estudio compartido, el estudio dirigido, el método de expertos y el método de casos (Robledo Ramón et al., 2015), es por ello que luego de terminar la primera fase de la clase centrada en el docente procede la clase centrada en el estudiante, proponiendo la resolución de problemas sobre la temática expuesta. Dichas actividades formativas promueven estrategias de aprendizaje como la autorregulación, la autoevaluación, el apoyo afectivo y el aprendizaje significativo (Torres et al., 2021; Urquijo et al., 2014).

Los ejercicios propuestos pueden diseñarse básicamente de dos formas: La primera es con la resolución de problemas de forma individual y en paralelo, la segunda es ofreciendo la oportunidad a los alumnos de pasar, en parejas, a resolver desafíos en la pizarra, estrategia recomendada en grupos menores a 30 estudiantes para mantener la interacción docente estudiante (March, 2006). En ambas formas el docente pasa a ser un tutor y responder consultas sobre la actividad mientras gestiona los tiempos y ritmos de la clase. Cuando termina el tiempo dispuesto para desarrollar las actividades (las cuales se diseñan para ser completadas entre 20 y 30min) se llama a cada pareja para que explique paso a paso el ejercicio que desarrolló. Dicha dinámica está basada en el nivel más provechoso de la “Pirámide del aprendizaje de William Glasser”, en el que se postula que “hacer y decir” es el nivel más provechoso del proceso de aprendizaje, superando a solamente “hacer” y a los pasivos “ver y oír”, “Ver” y “escuchar” (Huamán Flores & Aquije Cardenas, 2023).

Parte III: Proyecto semestral

El aprendizaje basado en proyectos es una de las metodologías que requiere mayor preparación y retroalimentación por parte del docente, pero resalta por promover de manera efectiva el desarrollo de

José Labori



habilidades para la resolución de problemas, trabajo en equipo y pensamiento crítico, entre otras (Asunción, 2019). Por ello, al principio del semestre se propone un proyecto de aplicación práctica de los conocimientos de la materia. Este se diseña para ser hecho en equipos de 2-3 estudiantes, cada 4 semanas se dedica un espacio de la clase para dar retroalimentación a los equipos sobre sus avances en el proyecto y se procura que sea culminado en la última semana del semestre. Dicho proyecto está constituido por las ventajas del nivel más alto en la taxonomía de Bloom, el nivel “crear”, en el que se obtiene el mayor desarrollo de habilidades cognitivas y de aprendizaje significativo (West, 2023).

Para visualizar la aplicación de las tres partes anteriores, se muestra la tabla 1, señalándose los elementos de la Educación 4.0 que son tomados en cuenta en una carrera técnica superior, específicamente el ramo “Instrumentos de medición y monitoreo”, en el que se persigue adquirir los diversos resultados de aprendizaje en el ramo y aplicar los conocimientos en un concurso de robótica básica al final del semestre.

Tabla 1

Resumen de metodología con Educación 4.0 en una carrera técnica superior

Partes	Componentes básicos de la Educación 4.0			
	1. Competencias	2. Métodos de aprendizaje	1. Competencias	4. Infraestructura
I. Bases teórico-prácticas: 30% de la clase explicando conceptos clave y ejemplos.	Pensamiento crítico. Interpretación de circuitos.	Bases del aprendizaje basado en desafíos.	Diapositivas en Power Point con enlaces para ver simulaciones.	Salones con requerimientos básicos
II. Aprendizaje activo: Actividades clase a clase individuales o en grupos pequeños.	Creatividad, cooperación. Resolución de problemas.	Aprendizaje activo y centrado en el estudiante.	Software Autodesk TinkerCAD y falstad para crear circuitos.	Salones para trabajo en equipo. Tutoriales en línea para programación en Arduino UNO
III. Proyecto semestral. Aplicación de conocimientos en grupos de 2-3 con retroalimentaciones mensuales para concurso de robótica y resumen final en video.	Comunicación e innovación. Puesta en funcionamiento de montaje electrónico real.	Aprendizaje basado en proyectos autónomos.	Hardware y software para prototipo de carro controlado por Arduino UNO. <i>Microsoft Teams</i> para grabaciones	Salón de usos múltiples y logística base organizada por estudiantes. Al menos una computadora por grupo para grabación final.

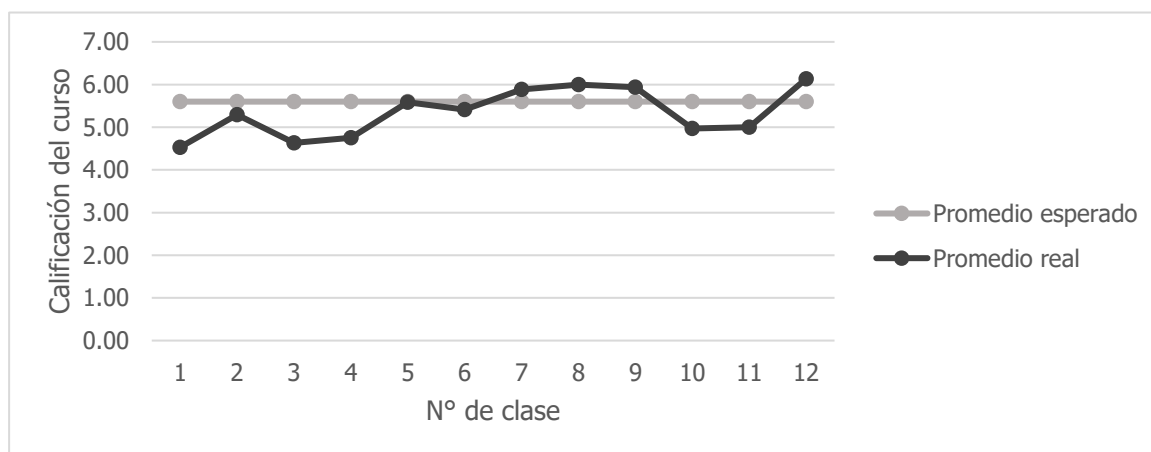
Cabe destacar que como ejemplos de proyectos semestrales se tienen la creación de un póster y un video resumen sobre un estudio de prefactibilidad técnica para la fabricación de un producto e incluso el diseño, programación y armado de un prototipo funcional, como una andadera anticaída, un pórtico automático, un auto miniatura controlado por sensores, un sistema de riego por goteo o una máscara de protección facial con monitoreo de signos vitales, todos siendo propuestas desarrolladas con éxito durante la investigación.

Para emplear las TICs en el ámbito de la gestión del aprendizaje se emplearon las conclusiones alcanzadas por investigadores como Rusli y Sutopo (2016), indicando que la visualización en un tablero puede incrementar la motivación en un equipo de trabajo y la capacidad para terminar una tarea en un tiempo planificado. Por ende, las calificaciones de los estudiantes en los avances del proyecto, así como en las actividades clase a clase se plasmaron en una gráfica compartida desde el inicio del semestre. Dicha gráfica es compartida en tiempo real gracias a un documento de Excel configurado para ser de “sólo lectura” por parte del alumnado.

En dicha gráfica se mostró el “Promedio esperado”, que representa la calificación promedio objetivo de todo el curso en cada clase (5,6 puntos), siendo el 80% de la calificación máxima (7,0 puntos), criterio de calidad acordado con anticipación con los estudiantes y que concuerda con las necesidades del alumnado (Elrehail et al., 2018). Así mismo, se muestra el “Promedio real” con la media de calificaciones obtenidas clase a clase por todos los estudiantes asistentes. Dicha diferencia se realiza con fórmulas de Excel como =PROMEDIO.SI(C21:C46,">1"), siendo C21:C46 cualquier matriz que incluya las notas del alumnado en un día en específico y ">1" una comparación con la nota mínima, en este caso 1, que buscaría descartar del promedio visualizado a los estudiantes ausentes. Con esa fórmula, cada clase se tendría un promedio real, que pudiera compararse claramente con el promedio esperado como se muestra en la figura 1.

Figura 1

TICs aplicadas en tablero de resultados en tiempo real



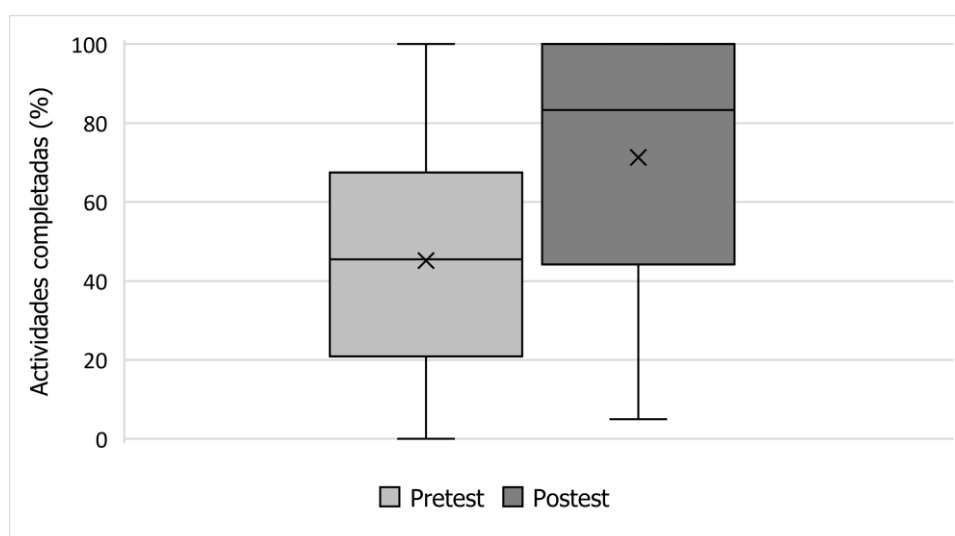
Nota. La figura representa el gráfico en Excel compartido con los estudiantes.

Estrategias similares han sido probadas exitosamente en el ámbito de la industria 4.0 y en educación 4.0, resaltando que, como se sabe si se está ganando o perdiendo, hay un compromiso a nivel emocional, también se trabaja más duro para no defraudar a los compañeros de equipo y los liderados aprecian más su responsabilidad para el éxito del equipo (Covey, 2013; Khalid et al., 2014; Rusli & Sutopo, 2016).

Resultados cuantitativos. Luego de aplicarse las metodologías anteriores acorde a las necesidades de cada curso, se obtuvieron resultados cuantitativos y cualitativos. Para visualizar los resultados obtenidos, se comparan las cifras cotejadas en el 2do semestre de 2022 (pretest) aplicando sólo los principios básicos del Aprendizaje basado en problemas, y el 1er semestre de 2023 (postest) con un realce en los cuatro componentes de la Educación 4.0. Como primera variable cuantitativa se tiene el porcentaje de actividades completadas por el estudiantado, obteniéndose simplemente como la relación entre las actividades completadas y el total de actividades propuestas en la materia cursada por cada estudiante. Reuniendo los resultados obtenidos en el alumnado se tienen dispersiones de puntos que pueden ser resumidas en los diagramas de la figura 2.

Figura 2

Diagrama de cajas del porcentaje de actividades completadas pretest y postest



Nota. La figura compara el porcentaje de actividades completadas con sólo el ABP como metodología implementada (pretest) y después de implementarse la metodología basada en la Educación 4.0 (postest).

Para el análisis de los datos fue utilizado el indicador *d* de Cohen, el cual mide el tamaño del efecto en una intervención y se calcula restando las medias de los dos grupos y dividiendo el resultado entre la desviación estándar promedio (Cohen, 2013). Si el resultado se aproxima a 0,0 se tiene ausencia de efecto, con 0,3 se tiene una fuerza del efecto típica, cerca de 0,5 se tiene un efecto más grande que el típico y más de 0,7 se tiene un efecto mucho más grande que el típico (Castillo, 2009). Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 3.

Tabla 3

Resumen de porcentaje de actividades completadas durante el pretest (con sólo Aprendizaje Basado en Problemas) y postest (ABP y Educación 4.0 aplicada)

	Media	Desviación estándar	d-Cohen	p
Pretest	45,122	27,815		
Postest	71,304	30,402	0,899	0,000

En cada evaluación realizada durante la investigación fue calculado y monitoreado un parámetro cuantitativo que ayuda al diseño progresivo de las evaluaciones. Dicho indicador fue el índice de dificultad (IDT), que se obtiene

dividiendo el promedio de los puntajes obtenidos por los participantes en la prueba entre el puntaje máximo que vale la prueba (Cárdenas Ayala, 2013). A partir de ahí se pueden obtener valores entre 0 y 1 que han de interpretarse de la siguiente manera: Entre 0,00 y 0,10 se clasifica la prueba como muy difícil, entre 0,11 a 0,30 como difícil, entre 0,31 a 0,50 como relativamente difícil, entre 0,51 a 0,65 como con dificultad adecuada, entre 0,66 a 0,80 como relativamente fácil y de 0,81 a 1,00 como muy fácil (Cárdenas Ayala, 2022). Los índices de dificultad resultantes fueron resumidos en la tabla 4.

Tabla 4

Resumen de índices de dificultad (IDT) obtenidos en el pretest (ABP aplicado) y en el postest (ABP y Educación 4.0 aplicada)

	IDT EV1	IDT EV2	IDT EV3	IDT Promedio	Dificultad promedio
Pretest	0,639	0,649	0,629	0,639	Adecuada
Postest	0,627	0,626	0,611	0,621	Adecuada

Percepciones del estudiantado. Al terminar el semestre en el que se implementó la metodología del estudio, fue aplicada una entrevista para tener una observación del alumnado sobre aspectos del curso como un complemento a la investigación y un punto de partida para la mejora continua. Este instrumento fue cualitativo, tuvo el propósito de complementar los datos cuantitativos y estuvo compuesto por dos preguntas abiertas desarrolladas en la tabla 5.

Tabla 5

Percepciones aportadas por el alumnado sobre la experiencia con Educación 4.0

Sección	Respuestas frecuentes
1. Aspectos positivos de la metodología empleada en el semestre	<ul style="list-style-type: none"> • El proyecto semestral fue entretenido y desafiante, el afrontar trabajos parecidos a la tesis prepara a futuro. • Se destaca el aprender haciendo y que los softwares son de ayuda en la parte laboral. • Los ejercicios diarios hacen que haya esfuerzo continuo, hicieron que se fortalezcan lazos con los compañeros. • En caso de tener notas bajas hay flexibilidad de subirlas y mantenerlas, así lo complicado se hace fácil de entender. • Se va superando el miedo de participar en clases • El tablero de resultados con las notas mantiene informado para mejorar y se nota transparencia en la evaluación
2. Aspectos por mejorar de la metodología empleada en el semestre	<ul style="list-style-type: none"> • Con el tablero de resultados público pueden generarse diferencias de opiniones por notas de compañeros • Se sugieren más actividades en la que los alumnos expliquen con sus propias palabras los contenidos • Debería tenerse un laboratorio aún más equipado • Por motivos laborales y familiares se pierden actividades clase a clase y no es fácil ponerse al día • Deberían tenerse sesiones más extensas que 80min para más consultas y retroalimentaciones del proyecto semestral

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación muestran una explicación básica de una metodología basada en Educación 4.0 que reúne las principales ventajas del aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje basado en problemas y los fundamentos teóricos, mientras se toman en consideración los cuatro componentes de la Educación 4.0, siendo la aplicación de TICs, aprendizaje activo, desarrollo de competencias e infraestructura adecuada (Akimov et al., 2023; Haderer & Ciolacu, 2022; Miranda et al., 2021; Ramírez-Montoya et al., 2022), demostrándose también que los anteriores aspectos pudieron ser aplicados en la práctica con resultados satisfactorios como los señalados a continuación.

En primer lugar, el porcentaje de actividades completadas por los estudiantes subió de una media de 45,1% (pretest sólo con ABP) a 71,3% (postest con Educación 4.0) con un notable efecto de la intervención, ya que el coeficiente *d* de Cohen resultó 0,899 indicando un efecto mucho más grande que el típico (Castillo, 2009), esto con un valor de *p* inferior al 0,001 resaltando la significancia estadística de las cifras obtenidas (Choi & Kim, 2023).

Así mismo, los índices de dificultad en las pruebas realizadas se mantuvieron con cifras similares, resultando un 0,639 en el pretest y cambiando a 0,621 en el postest, ambos valores se encuentran entre 0,51 a 0,65 situándose en el rango descrito como “dificultad adecuada” (Cárdenas Ayala, 2022). Dicha cifra presenta un aporte novedoso al estudio de metodologías innovadoras, ya que se demuestra que el paso a la Educación 4.0 puede representar un desafío equilibrado, ni frustrantemente difícil ni innecesariamente fácil.

Como complemento se tuvieron resultados cualitativos en los que los estudiantes dieron sus percepciones sobre la metodología empleada. Al resumir el significado de los puntos positivos observados por los estudiantes, resalta la apreciación de los espacios autónomos de aprendizaje, la actividad continua como un valor importante en las clases, la utilidad de los proyectos para la preparación a futuro y el aprendizaje con ayuda de TICs útiles para el campo laboral en la industria 4.0. En dichas observaciones se resaltan los cuatro principios a tener en cuenta en la educación para adultos, siendo (i) Autonomía, (ii) Interactividad, (iii) Adhesión al cometido prioritario o misión y (iv) Aplicación inmediata (Ramírez Vanegas, 2022).

En cuanto a los aspectos a mejorar que fueron señalados por los estudiantes, se señalan algunas discrepancias en la apreciación de las calificaciones dadas a los compañeros, la intermitente dificultad para adaptarse al ritmo activo de las clases y la necesidad de más tiempo para cubrir la gran cantidad de resultados de aprendizaje con clases de repaso. Dichas observaciones concuerdan con los tres desafíos esperados en la aplicación de metodologías activas como esta, siendo la completa retroalimentación continua, la flexibilidad ante las distintas necesidades del alumnado y la eficiencia en el uso de tiempo y recursos (Gueye & Exposito, 2020). En líneas generales, se observa que las percepciones concuerdan con los resultados cuantitativos, ya que es notorio el aprendizaje activo del alumnado y dificultad equilibrada de los desafíos presentados, estando equilibrados entre relativamente fáciles y relativamente difíciles.

Las limitaciones encontradas durante el desarrollo de la investigación pueden resumirse en la carencia de equipos actualizados en los laboratorios y las dificultades en la administración del tiempo en las sesiones, ya que las exigencias de una propuesta tan innovadora requieren una reestructuración profunda en la infraestructura, tanto en la parte física (insumos, salas y espacios para actividades) como en el diseño de programas de asignatura, ya que estos deben promover no sólo la impartición masiva de conocimientos, sino que den espacios para las aplicaciones prácticas, la retroalimentación continua y el repaso de contenidos.

Como posible sesgo a considerar en los resultados obtenidos, debe considerarse que las estrategias expuestas han sido aplicadas en carreras asociadas a ciencia y tecnología, siendo inviable el generalizar todos los hallazgos al momento de innovar en el área de las humanidades o las ciencias de la salud, ya que debe haber una adaptación adecuada en dichos casos.

En añadidura, a partir del análisis anterior se proponen nuevas líneas de investigación que expandan la Educación 4.0 aplicada en entornos fuera de carreras como ingeniería (centrándose en la aplicación real de conocimientos y la aproximación a las demandas tecnológicas exigidas a los profesionales en la Industria 4.0), se sugieren rutas cualitativas más profundas que incluyan las percepciones de los docentes y nuevos temas en los que se preparen de forma más completa a los estudiantes para las altas exigencias de la fuerza laboral en cuanto a competencias clave del siglo XXI como la adaptabilidad, la alfabetización tecnológica, el trabajo en equipo, el pensamiento crítico y la creatividad.

5. CONCLUSIONES

Para concluir, puede afirmarse que los fundamentos de la Educación 4.0 son implantados de forma exitosa en el ámbito de la formación universitaria en carreras afines a la electricidad y automatización industrial, teniéndose en cuenta las ventajas del aprendizaje basado en proyectos, la ejercitación clase a clase y el apoyo básico de las clases teóricas con ejemplos de aplicación.

El nivel de participación del estudiantado cuando se aplica una metodología como la anterior es notablemente mayor que cuando se aplica solamente un aprendizaje basado en problemas, ya que la efectividad de las herramientas TICs usadas, el desarrollo integral de competencias y la gestión del aprendizaje activo (dentro y fuera del aula) complementa de forma positiva el dinamismo de las clases.

El índice de dificultad en las evaluaciones basadas en Educación 4.0 es adecuado, ni inadecuadamente fácil ni inadecuadamente difícil. Así mismo, puede aplicarse dicha estrategia partiendo de la aplicación básica de una metodología activa sin alterar negativamente el peso del desafío en los aspectos sumativos de las clases.

La percepción del estudiantado frente a metodologías innovadoras es mayormente positiva, destacándose aspectos clave en la educación para adultos, como la orientación de las clases hacia el desarrollo de competencias útiles en el campo laboral, la creación de condiciones para la expresión autónoma de capacidades, la actividad en el estudiante que lo empodera como protagonista de su aprendizaje y la relación con sus necesidades primordiales.

Las instituciones educativas tienen la responsabilidad de adaptarse a las exigencias de la creciente industria 4.0, teniendo como objetivo el desarrollo de un estudiante capaz de asumir los nuevos desafíos del mundo real. Para ello, es clave el crear condiciones básicas en la infraestructura para que puedan dictarse clases con nuevos métodos activos de aprendizaje, se empleen tecnologías que optimicen dicho proceso y se apunte al desarrollo de competencias claves en el siglo XXI, creando profesionales integrales y valiosos para el desarrollo de la sociedad.

Agradecimientos / Acknowledgments:

Expreso mi agradecimiento a los estudiantes, docentes y autoridades de la Universidad de Aconcagua – Chile, por su apoyo en la realización de la presente investigación.

Conflicto de intereses / Competing interests:

El autor declara que no existió ningún tipo de conflicto de intereses.

José Labori



Rol de los autores / Authors Roles:

No aplica.

Fuentes de financiamiento / Funding:

El autor declara que no recibió un fondo específico para esta investigación.

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

El autor declara no haber incurrido en aspectos antiéticos, ni haber omitido aspectos legales en la realización de la investigación.

REFERENCIAS

- Akimov, N., Kurmanov, N., Uskelenova, A., Aidargaliyeva, N., Mukhiyayeva, D., Rakhimova, S., Raimbekov, B., & Utegenova, Z. (2023). Components of education 4.0 in open innovation competence frameworks: Systematic review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(2), 100037. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100037>
- AlMalki, H. A., & Durugbo, C. M. (2023). Evaluating critical institutional factors of Industry 4.0 for education reform. *Technological Forecasting and Social Change*, 188, 122327. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122327>
- Asunción, S. (2019). Metodologías Activas: Herramientas para el empoderamiento docente. *Revista Docentes 2.0*, 7(1), 65–80.
- Cárdenas Ayala, A. (2013). Índice de dificultad y asimetría de los ítems en las pruebas pedagógicas. *Horizonte de La Ciencia*, 3(5), 65. <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2013.5.77>
- Cárdenas Ayala, A. (2022). Análisis estadístico del índice de dificultad de los ítems politómicos en las pruebas pedagógicas. *Prospectiva Universitaria*, 8(2). <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2011.8.1280>
- Castillo, I. I. (2009). Evaluación de resultados clínicos (II): Las medidas de la significación clínica o los tamaños del efecto. *Norte de Salud Mental*, 8(34), 94–110.
- Choi, W., & Kim, I. (2023). Averaging p-values under exchangeability. *Statistics & Probability Letters*, 194, 109748. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.spl.2022.109748>
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Academic press.
- Covey, S. (2013). *Las 4 disciplinas de la ejecución: cómo alcanzar metas crucialmente importantes*. Conecta.
- DeCuir-Gunby, J. T., & Schutz, P. A. (2017). Mixed methods designs: Frameworks for organizing your research methods. *Developing a Mixed Methods Proposal: A Practical Guide for Beginning Researchers*, 83–106.
- Elrehail, H., Emeagwali, O. L., Alsaad, A., & Alzghoul, A. (2018). The impact of Transformational and Authentic leadership on innovation in higher education: The contingent role of knowledge sharing. *Telematics and Informatics*, 35(1), 55–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.09.018>



- Flores, L., & Meléndez, C. (2021). Análisis comparativo del b-learning y e-learning en competencias TIC para la docencia en educación superior. *Revista Innova Educación*, 3(4). <https://doi.org/10.35622/j.rie.2021.04.013>
- Gagné, M., Hamel, C., Lauzier, S., Penney, S.-E., Bourbeau, J., Moisan, J., & Boulet, L.-P. (2021). Comparative educational outcomes of an active versus passive learning continuing professional development activity on self-management support for respiratory educators: A non-randomized controlled mixed-methods study. *Nurse Education in Practice*, 57, 103256. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nepr.2021.103256>
- Gajek, A., Fabiano, B., Laurent, A., & Jensen, N. (2022). Process safety education of future employee 4.0 in Industry 4.0. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 75, 104691. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104691>
- Giaconi, E., Bazán, M. E., Castillo, M., Hurtado, A., Rojas, H., Giaconi, V., & Guiraldes, E. (2021). Análisis de pruebas de opción múltiple en carreras de la salud de la Universidad Mayor. *Investigación En Educación Médica*, 40, 61–69. <https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2021.40.21365>
- González-Hernando, C., Martín-Villamor, P., Carbonero-Martín, M. Á., & Lara-Ortega, F. (2013). Evaluación por competencias de los estudiantes de Enfermería a través de Aprendizaje Basado en Problemas. *Enfermería Universitaria*, 10(4), 120–124. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1665-7063\(13\)72640-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1665-7063(13)72640-X)
- Gorbaneff, Y., & Cancino, A. (2009). Mapa Conceptual Para El Aprendizaje Basado En Problemas. *Estudios Gerenciales*, 25(110), 111–124. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(09\)70064-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0123-5923(09)70064-6)
- Gueye, M. L., & Exposito, E. (2020). University 4.0: The industry 4.0 paradigm applied to education. *IX Congreso Nacional de Tecnologías En La Educación*.
- Haataja, E. S. H., Tolvanen, A., Vilppu, H., Kallio, M., Peltonen, J., & Metsäpelto, R.-L. (2023). Measuring higher-order cognitive skills with multiple choice questions –potentials and pitfalls of Finnish teacher education entrance. *Teaching and Teacher Education*, 122, 103943. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103943>
- Haderer, B., & Ciolacu, M. (2022). Education 4.0: Artificial Intelligence Assisted Task- and Time Planning System. *Procedia Computer Science*, 200, 1328–1337. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.334>
- Hamp-Lyons, L. (2007). The impact of testing practices on teaching: Ideologies and alternatives. *International Handbook of English Language Teaching*, September 2014.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). McGraw-Hill Interamericana México.
- Huamán Flores, E. J., & Aquije Cardenas, G. A. (2023). *Guía técnico-pedagógica para la planificación curricular por competencias*. Editorial Universidad Autónoma de Ica. <http://repositorio.autonomaedica.edu.pe/handle/autonomaedica/2239>
- Jenkins, A., & Unwin, D. (2001). *How to write learning outcomes*. University of Baltimore. <https://cutt.ly/ewvfi1D>

- Khalid, S., Knouzi, N., Tanane, O., & Talbi, M. (2014). Balanced Scoreboard, the Performance Tool in Higher Education: Establishment of Performance Indicators. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 4552–4558. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.984>
- Lee, N., & Jo, M. (2023). Exploring problem-based learning curricula in the metaverse: The hospitality students' perspective. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 32, 100427. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2023.100427>
- Llobet, J. R., Álvarez, M. R., & Velez, O. C. (2015). Aprendizaje Basado en Problemas, Estudio de Casos y Metodología Tradicional: Una Experiencia Concreta en el Grado en Enfermería. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 196, 163–170. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.029>
- March, A. F. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio Siglo XXI*, 24, 35–56.
- Martín-Peña, M. L., Díaz-Garrido, E., & del Barrio Izquierdo, L. (2012). Metodología docente y evaluación por competencias: una experiencia en la materia Dirección de Producción. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de La Empresa*, 18(3), 237–247. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iedee.2012.05.003>
- Miranda, J., Lopez, C. S., Navarro, S., Bustamante, M. R., Molina, J. M., & Molina, A. (2019). Open Innovation Laboratories as Enabling Resources to Reach the Vision of Education 4.0. *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE/ITMC 2019*. <https://doi.org/10.1109/ICE.2019.8792595>
- Miranda, J., Navarrete, C., Noguez, J., Molina-Espinosa, J. M., Ramírez-Montoya, M. S., Navarro-Tuch, S. A., Bustamante-Bello, M. R., Rosas-Fernández, J. B., & Molina, A. (2021). The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education. *Computers and Electrical Engineering*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107278>
- Morán-Barrios, J., Ruiz de Gauna, P., Ruiz Lázaro, P. M., & Calvo, R. (2020). Metodologías complementarias de aprendizaje para la adquisición de competencias en la formación de especialistas y actividades profesionales confiables. *Educación Médica*, 21(5), 328–337. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.edumed.2020.02.001>
- Muduli, A., Kaura, V., & Quazi, A. (2018). Pedagogy or andragogy? Views of Indian postgraduate business students. *IIMB Management Review*, 30(2), 168–178. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iimb.2018.01.008>
- Mukul, E., & Büyüközkan, G. (2023). Digital transformation in education: A systematic review of education 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 194, 122664. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2023.122664>
- Oliveira, S. R. M., & Saraiva, M. A. (2023). Leader skills interpreted in the lens of education 4.0. *Procedia Computer Science*, 217, 1296–1304. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.327>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

- Paneque, R. J. (1998). Metodología de la Investigación. *Elementos Básicos Para La Investigación Clínica. 1ra Ed. Havana: ECIMED.*
- Qian, Y., Vaddiraju, S., & Khan, F. (2023). Safety education 4.0 – A critical review and a response to the process industry 4.0 need in chemical engineering curriculum. *Safety Science, 161*, 106069. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106069>
- Ramírez-Montoya, M. S., Castillo-Martínez, I. M., Sanabria-Z, J., & Miranda, J. (2022). Complex Thinking in the Framework of Education 4.0 and Open Innovation—A Systematic Literature Review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 8(1)*, 4. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/joitmc8010004>
- Ramírez Vanegas, D. N. (2022). La aplicación de la andragogía en la educación no formal. *Revista Docencia Universitaria, 3(1)*. <https://doi.org/10.46954/revistadusac.v3i1.46>
- Richter, K. G., & Medel Romero, R. A. (2020). Item analysis of a multiple-choice test of incoming EFL students at a public university in Guanajuato State. *Estudios de Lingüística Aplicada, 71*. <https://doi.org/10.22201/enallt.01852647p.2020.71.900>
- Robledo Ramón, P., Fidalgo Redondo, R., Arias Gundín, O., & Álvarez Fernández, L. (2015). Percepción de los estudiantes sobre el desarrollo de competencias a través de diferentes metodologías activas. *Revista de Investigación Educativa, 33(2 SE-Artículos)*, 369–383. <https://doi.org/10.6018/rie.33.2.201381>
- Rusli, M., & Sutopo, H. (2016). Multimedia based scoreboard development of four disciplines of execution for journal publication. *2016 8th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST)*, 120–124.
- Sepulveda, P., Cabezas, M., García, J., & Fonseca-Salamanca, F. (2021). Aprendizaje basado en problemas: percepción del proceso enseñanza aprendizaje de las ciencias preclínicas por estudiantes de Kinesiología. *Educación Médica, 22(2)*, 60–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.edumed.2019.01.004>
- Sifuentes Ocegueda, A. T., Sifuentes Ocegueda, E. L., & Rivera Barajas, J. M. (2022). Educación 4.0, modalidad educativa y desarrollo regional integral. *IE Revista de Investigación Educativa de La REDIECH, 13*. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v13i0.1452
- Suárez-Lantarón, B., & García-Martínez, Á. (2022). Grupos interactivos y su influencia en el rendimiento académico en el aula de primaria: estudio de caso. *Revista Innova Educación, 4(2)*. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2022.02.005>
- Taipe, M. D. (2020). Metodologías activas en el proceso enseñanza-aprendizaje. (Revisión). *Roca: Revista Científico-Educaciones de La Provincia de Granma, 16(1)*, 463–472.
- Tilea, D. M., & Bleotu, V. (2012). Implementation of a Scoreboard in Schools Based on Performance Indicators. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 46*, 2472–2476. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.505>

- Torres, J., Chávez, H., & Cadenillas, V. (2021). Evaluación formativa: una mirada desde sus diversas estrategias en educación básica regular. *Revista Innova Educación*, 3(2). <https://doi.org/10.35622/j.rie.2021.02.007>
- Urquijo, A. P. L., del Valle, E. R., & Salvo, C. A. (2014). Estrategias de aprendizaje en educación superior en un modelo curricular por competencias. *Revista de La Educación Superior*, 43(172), 123–144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resu.2015.03.012>
- Wang, K., Li, B., Tian, T., Zakuan, N., & Rani, P. (2023). Evaluate the drivers for digital transformation in higher education institutions in the era of industry 4.0 based on decision-making method. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(3), 100364. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100364>
- West, J. (2023). Utilizing Bloom's taxonomy and authentic learning principles to promote preservice teachers' pedagogical content knowledge. *Social Sciences & Humanities Open*, 8(1), 100620. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100620>
- Yoza, A., & Vélez Villavicencio, C. E. (2021). Aporte de las tecnologías del aprendizaje y conocimiento en las competencias digitales de los estudiantes de educación básica superior. *Revista Innova Educación*, 3(4). <https://doi.org/10.35622/j.rie.2021.04.004>

