

**MODELO DE EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN LA  
SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INGENIERÍA COMPLEJOS  
ASISTIDO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

**AUTORA**

**MÓNICA DELGADO FABIÁN**

**DIRECTORES**

**FRANCISCO JOSÉ GARCÍA PEÑALVO**

**MARÍA SOLEDAD RAMIREZ MONTOYA**

**PLAN DE INVESTIGACIÓN**

**PROGRAMA DE DOCTORADO FORMACIÓN EN LA SOCIEDAD  
DEL CONOCIMIENTO**

**UNIVERSIDAD DE SALAMANCA**

**SALAMANCA, A 5 DE JUNIO DE 2025**

## INTRODUCCIÓN

Dentro de las Instituciones de Educación Superior (IES), los programas académicos de ingeniería trabajan en la formación de ciudadanos que sean capaces de entender y resolver problemas de ingeniería complejos. Estos problemas se denominan complejos porque difieren mucho de los problemas simples, lineales y estructurados con solución única e inmediata (Pamungkas et al., 2023). Un problema complejo tiene variables interconectadas, que deben considerarse de forma armonizada, priorizada y se deben abordar desde diferentes enfoques, perspectivas y disciplinas para encontrar una solución adecuada a la situación compleja (Gnaldi et al., 2020; Uliá et al., 2024; Zilbovicius et al., 2020). La Alianza Internacional de Ingeniería (IEA, por sus siglas en inglés) define un problema de ingeniería complejo (PIC) como aquel que no tiene una solución evidente, requiere un profundo conocimiento de la disciplina y abordar cuestiones de amplio alcance y visión de futuro, integrando todas las dimensiones del desarrollo sostenible, así como los pensamiento analítico, sistémico, científico y creativo (*International Engineering Alliance, s/f*). Ante esta perspectiva, la formación en el razonamiento para la complejidad es una necesidad en las universidades para favorecer los procesos educativos (Ramírez-Montoya et al., 2022) y prepararlos para los retos del futuro (Eichmann et al., 2020). En este contexto, surge el reto de dotar a las IES de las herramientas necesarias para garantizar que sus egresados sean capaces de hacer frente a los desafíos de la complejidad.

Para dar respuesta a este reto, es necesario analizar los procesos de formación que tienen lugar en las IES y particularmente su evolución hacia la evaluación basada en competencias. Las universidades han transformado sus modelos educativos, evolucionando desde un enfoque tradicional centrado en contenidos hacia uno enfocado en la evaluación del rendimiento de los estudiantes y el desarrollo de competencias (Gupta & Srivastava, 2023). Dado que la complejidad de los problemas radica en la presencia de variables interconectadas, entre las que puede establecerse algún tipo de relación causal (Gnaldi et al., 2020), la forma en que los estudiantes adquieren competencias para la resolución de problemas complejos debe adaptarse a este enfoque. El nuevo proceso de enseñanza-aprendizaje se centra, entre otros aspectos, en la exposición a situaciones reales (Steiner, 2013) y la generación de estrategias pedagógicas que incorporan estos elementos, enfocados en el desarrollo de competencias de resolución de problemas complejos para la preparación profesional (Rosales-Torres et al., 2022). Por consiguiente, en el ámbito de la ingeniería es imperativo profundizar en la competencia de solución de problemas de ingeniería complejos (SPIC) y desarrollar instrumentos de evaluación centrados en el desempeño del estudiante en contextos complejos.

Se requiere desarrollar modelos de evaluación por competencias que permitan evaluar la SPIC. Los modelos de evaluación por competencias requieren obtener información de todos los aspectos que las conforman (Morales López et al., 2020) y deben integrar saberes, acciones, de interacción social y de autoconocimiento, desde una perspectiva integral, holística, dinámica (Retana, 2011). La evaluación de competencias es un problema complejo que se debe abordar desde múltiples perspectivas y que requiere un trabajo continuo de análisis (González Segura et al., 2020). Para enfrentar el análisis continuo que conlleva la evaluación de competencias, la integración de inteligencia artificial (IA) puede ser la opción que proporcione apoyo en la evaluación de actividades de aprendizaje en el contexto educativo (Alamäki et al., 2024) y al tener el potencial para convertirse en un asistente cada vez más potente (F. J. García-Peñalvo, 2023), puede facilitar el trabajo de análisis que realizan los profesores. Los modelos de lenguaje avanzados como la inteligencia artificial generativa (IAGen), definida como la producción de contenido inédito en cualquier forma (imágenes, texto, código, etc) y para cualquier tarea mediante herramientas de IA (F. García-Peñalvo & Vázquez-Ingelmo,

2023), resultan una opción que facilita la construcción del conocimiento (Yang, 2024). Esta integración ha sido objeto de estudio en los últimos años debido a su potencial para transformar los procesos de aprendizaje (Capinding, 2024). Específicamente, ChatGPT se presenta como una herramienta de apoyo para la planificación, evaluación, comunicación asíncrona, retroalimentación y elaboración de escenarios (Memarian & Doleck, 2023; van den Berg & du Plessis, 2023). Adicionalmente, se ha identificado que facilita la evaluación de trabajos de los estudiantes y proporciona una retroalimentación exhaustiva con relación al contenido (Elmourabit et al., 2024). En consecuencia, se requieren modelos de evaluación de competencias que puedan aprovechar la IA para asistir a los profesores en su proceso de evaluación.

Existen avances significativos en la discusión alrededor de los PIC y las herramientas para la evaluación de competencia. A partir de 2013, la IEA integró la necesidad de formar a los estudiantes para desarrollar SPIC entre sus atributos de egreso y competencias profesionales, y en el 2021, con el apoyo de la UNESCO y la Federación Mundial de Organizaciones de Ingenieros (WFEO por sus siglas en inglés), se revisó el marco de atributos y competencias para garantizar que se atienden las demandas actuales de la profesión y garantizar que reflejan los valores contemporáneos y las necesidades de los empleadores (*International Engineering Alliance*, s/f). Adicionalmente, el reporte *The Future of Jobs Report 2020* del *World Economic Forum* presenta entre las habilidades emergentes de al menos trece perfiles de la industria a la solución de problema complejos (World Economic Forum, 2020). En la literatura, se han identificado diferentes instrumentos para la evaluación de competencias complejas y/o algunas de sus sub-competencias, estos instrumentos están diseñados para evaluar aspectos como la percepción del logro, el pensamiento sistémico, la creatividad y el pensamiento crítico, así como la metacognición (Grohs et al., 2018; Pacheco & Herrera, 2023; Tobón & Luna-Nemecio, 2021; Vázquez-Parra et al., 2024). Surge la necesidad de desarrollar un modelo de evaluación capaz de integrar las necesidades actuales aprovechando los avances en la IA.

La presente investigación busca analizar los esquemas actuales de evaluación de competencias enfocándose en las SPIC y diseñar y validar un modelo que aporte nuevos métodos, procedimientos e instrumentos de valoración asistidos por IA. Es fundamental adquirir conocimiento sobre los procesos necesarios para que los estudiantes puedan resolver problema complejos y prepararlos para los retos del futuro (Eichmann et al., 2020) lo que motiva la búsqueda de estrategias de enseñanza aprendizaje que incorporen las características del entorno (Rosales-Torres et al., 2022) y aprovechen el potencial del ChatGPT para automatizar tareas en la educación superior (Huang et al., 2024). Ante esta oportunidad, resulta conveniente preguntarse, ¿En qué medida el diseño y validación de un modelo de evaluación de competencias para la solución de problemas de ingeniería complejos, basado en instrumentos evaluativos apoyado por IAGen, contribuye a una evaluación más alineada con los requerimientos del ámbito profesional en la educación superior?

## **HIPÓTESIS DE TRABAJO Y PRINCIPALES OBJETIVOS**

**Hipótesis nula:** El diseño e implementación de un modelo de evaluación de competencias para estudiantes de educación superior para la solución de problemas de ingeniería complejos, no produce una mejora significativa en la valoración precisa y cuantitativa de su desempeño y desarrollo de competencias.

**Hipótesis alterna:** El diseño e implementación de un modelo de evaluación de competencias para estudiantes de educación superior en la solución de problemas de ingeniería complejos, mejora significativamente la valoración precisa y cuantitativa de su desempeño y desarrollo de competencias.

## Objetivo General

Analizar los componentes de los problemas de ingeniería complejos, a través de experiencias formativas con escenarios de ingeniería que integren problemas complejos, con el fin de diseñar y validar un modelo de evaluación con apoyo de IA

## Objetivos Específicos

- 1) Identificar los atributos que caracterizan los problemas de ingeniería complejos en la educación superior, así como las competencias correspondientes que requieren los estudiantes.
- 2) Evaluar las estrategias e instrumentos que se han utilizado para valorar las competencias de solución de problemas de ingeniería complejos.
- 3) Diseñar e implementar escenarios de ingeniería que integren problemas complejos con estrategias formativas para analizar las soluciones de los estudiantes de ingeniería para valorar el grado de logro de acuerdo con el nivel de complejidad.
- 4) Diseñar y validar un modelo de evaluación de competencias complejas apoyado por inteligencia artificial.

## METODOLOGÍA

En el enfoque de esta investigación se considera un diseño mixto. En estos diseños se combinan técnicas, métodos, enfoques, conceptos o lenguaje de investigación cualitativos y cuantitativos para dar paso a un nuevo paradigma de investigación (Johnson & Onwuegbuzie, 2004). Adicionalmente, los métodos mixtos proporcionan múltiples formas de abordar un problema y puede responder mejor a una pregunta de investigación (Creswell & Plano Clark, 2017). Se llevará a cabo un diseño secuencial exploratorio QUAL → QUAN en dos fases (Creswell & Creswell, 2023). En la fase 1 se hará una experimentación con escenarios de problemas complejos y se aplicarán instrumentos cualitativos como lista de cotejos con profesores y una rúbrica para evaluar las soluciones de los estudiantes y se aplicará un instrumento cuantitativo de diferencial semántico a una muestra mayor de profesores para la valoración de escenarios. En la fase 2 se hará una validación del modelo y se aplicarán instrumentos cualitativos con entrevista profunda con expertos y se aplicarán instrumentos cuantitativos con escala Likert para profesores.

- 1) Población y muestra. La población se constituye por profesores de educación superior y estudiantes del área de ingeniería de universidades de México, y por expertos en educación, empleadores de estudiantes de ingeniería y stakeholders. La estrategia de muestreo será un muestreo intencionado para el enfoque cualitativo y un muestreo probabilístico para el enfoque cuantitativo (Creswell, 2015).
- 2) Variables en estudio.
  - A. **Problemas de ingeniería complejos (PIC).** El PIC es aquel que no tiene una solución evidente, requiere un profundo conocimiento de la disciplina y abordar cuestiones de amplio alcance y visión de futuro, integrando todas las dimensiones del desarrollo sostenible, así como los pensamiento analítico, sistémico, científico y creativo (*International Engineering Alliance, s/f*).
  - B. **Desarrollo de competencias complejas.** Los nuevos procesos de enseñanza aprendizaje se han centrado en la exposición a situaciones reales y al desarrollo de una combinación de varias competencias (Steiner, 2013) para la generación de estrategias pedagógicas enfocados en el desarrollo de competencias de solución de problemas complejos para la preparación profesional (Rosales-Torres et al., 2022).

C. **Modelo de evaluación de competencias.** Los modelos de evaluación de competencias permiten obtener información de todos los aspectos que las conforman, es decir: aspectos cognitivos (saber), técnicos (saber hacer) y metacognitivos (saber por qué lo hace) (Morales López et al., 2020). Estos modelos demandan del profesor un trabajo continuo de análisis (González Segura et al., 2020), por lo que la integración de la IA apoya a automatizar la evaluación de las tareas de aprendizaje (Alamäki et al., 2024) para generar modelos de evaluación robustos.

- 3) Instrumentos. Las variables previamente enumeradas, serán analizadas a partir de la información que proporcionen los siguientes instrumentos:
- Lista de cotejo: para medir la aceptación de los escenarios de ingeniería complejos con profesores (variable A. Problemas de ingeniería complejos).
  - Rúbrica: para evaluar las soluciones de los estudiantes a los escenarios de ingeniería complejos (variable B. Desarrollo de competencias complejas).
  - Diferencial semántico: para evaluar los escenarios de ingeniería complejos con un grupo mayor de profesores (variable A. Problemas de ingeniería complejos).
  - Entrevista a profundidad: para evaluar el modelo de evaluación de competencias con expertos (variable C. Modelo de evaluación de competencias).
  - Escala Likert: para evaluar el modelo de evaluación de competencias con un mayor de profesores (variable C. Modelo de evaluación de competencias).
- 5) Fuentes de información.
- Docentes de educación superior del área de ingeniería: participarán para diseñar y evaluar los escenarios de problemas de ingeniería complejos y proporcionando información respecto de los aspectos cognitivos, técnicos y metacognitivos que serán necesarios evaluar en los estudiantes, así como la validación del modelo.
  - Estudiantes de educación superior del área de ingeniería: Se consideran la muestra principal para determinar el desarrollo de competencias de solución de problemas complejos de ingeniería.
  - Expertos: docentes, investigadores, empleadores o líderes de organismos expertos en el tema de problemas complejos de ingeniería o modelos de evaluación de competencias, con quienes se validará el modelo de evaluación de competencias.
  - Material digital: Bases de datos (Scopus, WOS, entre otras), libros, revistas, artículos para conocer el estado en cuestión de las variables, facilitar la fundamentación teórica y el análisis de resultados.
  - Documentos significativos: Reportes de organismos como OECD, ABET, IEA, CACEI.

#### 6) Captura y análisis de la información.

##### Primera fase

- Diseño de escenarios de problemas de ingeniería complejos.
- Diseño y pilotaje de la lista de cotejo para escenarios.
- Diseño y pilotaje de rúbrica para valoración de las soluciones de estudiantes.
- Diseño y pilotaje de diferencial semántico para la evaluación de escenarios.
- Aplicación de lista de cotejo a los escenarios
- Aplicación de la rúbrica a la solución de los estudiantes.
- Aplicación del instrumento de diferencial semántico para la evaluación de escenarios por profesores.
- Análisis de datos con métodos mixtos y discusión.

## Segunda fase

1. Diseño del modelo de evaluación de competencias.
2. Diseño y pilotaje de la entrevista a profundidad para evaluación del modelo.
3. Diseño y pilotaje de escala Likert para evaluación del modelo.
4. Aplicación de entrevista a profundidad con expertos.
5. Aplicación de escala Likert para la evaluación del modelo con un grupo de profesores.
6. Análisis de datos con métodos mixtos y discusión.

Con el fin de contar con una base teórica sólida se realizarán un mapeo y una revisión sistemática de literatura para profundizar en el estado del arte de los constructos de la presente investigación (F. J. García-Peñalvo, 2022). Con relación a los principios éticos, se solicitará a los participantes que suscriban un documento de aceptación que especifique la facultad de retirar su participación en el estudio en cualquier momento y enfatice los principios de confidencialidad. Adicionalmente, se seguirán las pautas establecidas en la cuarta edición (2018) de la Guía Ética para la Investigación Educativa del Consejo de la Asociación Británica de Investigación Educativa (*Guía Ética Para La Investigación Educativa, Cuarta Edición (2018), s/f*).

## MEDIOS Y RECURSOS MATERIALES DISPONIBLES

Este trabajo se desarrolla en el programa de Doctorado *Formación en la Sociedad del Conocimiento* siendo su portal, accesible desde <http://knowledgesociety.usal.es>, la principal herramienta de comunicación y visibilidad de los avances (*Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento, s/f*). En él se irán incorporando todas las publicaciones, estancias y asistencias a congresos durante el transcurso del trabajo. Esta tesis se desarrolla en el Grupo GRIAL de la Universidad de Salamanca (F. J. García-Peñalvo et al., 2019). Los resultados estarán disponibles de forma abierta (García-Peñalvo et al., 2010; M.-S. Ramírez-Montoya & García-Peñalvo, 2018).

Además, en el transcurso de la investigación se utilizará:

- I. SPSS: Software para realizar concentrado y análisis de datos cuantitativos.
- II. ATLAS.ti: software para concentrar y analizar datos cualitativos.
- III. Qualtrics, Google forms o forms de Microsoft: para la elaboración y aplicación de los cuestionarios.
- IV. Minitab: programa para análisis estadístico.
- V. Tableau: programa para realizar gráficos.
- VI. Miro: programa para realizar gráficos.
- VII. Zotero: como gestor de información.
- VIII. Zoom: plataforma para observaciones participantes y entrevistas en un contexto virtual.
- IX. Planes académicos: permitirán conocer los contenidos y las competencias que se busca desarrollar en los estudiantes.
- X. Sitio web del grupo GRIAL (<https://grial.usal.es>)

# PLANIFICACION TEMPORAL AJUSTADA A CUATRO AÑOS

PRIMER AÑO	2024					2025						
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
TESIS: Definición de directores	x											
TESIS: Socialización de idea de investigación					x	x						
TESIS: Primer planteamiento del tema de investigación				x	x	x	x					
TESIS: Revisión bibliográfica, selección de autores		x	x	x	x	x	x	x				
TESIS: Entrega de plan de investigación a directora					x	x	x					
TESIS: Resultados y correcciones del plan de investigación directora								x				
TESIS: Entrega de plan de investigación a la comisión									x			
TESIS: Resultados y correcciones del plan de investigación (Comisión Académica)									x			
TESIS: Entrega del plan de investigación corregido								x	x			
TESIS: Revisión de literatura 2.1 Mapping - Categoría 1								x	x			
TESIS: Revisión de literatura 2.2 SLR - Categoría 2										x	x	x
Ponencia 1 ChatGPT as a flipped learning tool in Education Congreso TEEM 2024	x		x									
Ponencia 2 Plan de investigación. TEEM 2025									x	x	x	
Ponencia 3. TEEM 2025 - Mapping									x	x	x	
Informe doctoral						x					x	
SEGUNDO AÑO	2025					2026						
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
TESIS: Revisión de literatura 2.2 SLR - Categoría 2	x	x	x	x	x							
TESIS: Revisión de literatura 2.3 - Categoría 3				x	x	x	x	x				
TESIS: Borrador Capítulo 2: Revisión de literatura							x	x	x			
TESIS: Retroalimentación del Capítulo 2 por parte de la directora								x	x	x	x	
TESIS: Versión final del capítulo 2: Revisión de literatura											x	
TESIS: Borrador de Capítulo I. Naturaleza y dimensión del tema de investigación										x	x	x
TESIS: Retroalimentación y ajustes Capítulo I. Naturaleza y dimensión del tema de investigación												x
TESIS: Versión final Capítulo I. Naturaleza y dimensión del tema de investigación												x
TESIS: Capítulo III. Método de investigación 3.1 - 3.6		x	x	x								
TESIS: Capítulo III. 3.6 Técnica de recolección de datos				x								
TESIS: Capítulo III. 3.7 Pruebas piloto				x	x	x	x					
TESIS: Capítulo III. 3.7 Validación, ajustes y mejoras						x	x	x				
TESIS: Capítulo III. 3.8.1 Fase 1 Aplicación de instrumento									x	x	x	x
TESIS: Avance Capítulo III. Método						x	x	x	x	x	x	x
PUBLICACIONES 1: Artículo en revista Q1 o Q2 - SLR segundo constructo	x	x	x	x	x							
PUBLICACIONES 2: Artículo en Revista con Q1 o Q2 SLR tercer constructo								x	x	x	x	x
ESTANCIA en Universidad Internacional												
Informes doctorado						x					x	
TERCER AÑO	2026					2027						
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
TESIS: Capítulo III. 3.8.1 Fase 2 Aplicación de instrumento			x	x	x	x						
TESIS: Capítulo III. 3.9 Captura y análisis de datos	x	x				x	x	x				
TESIS: Capítulo III. 3.10 Procesos éticos	x											
TESIS: Borrador Capítulo III. Método							x	x				
TESIS: Retroalimentación y ajustes Capítulo III. Método									x			
TESIS: Versión final Capítulo III. Método									x			
TESIS: Borrador Capítulo IV. Resultados									x	x		
TESIS: Retroalimentación y ajustes Capítulo IV. Resultados											x	
TESIS: Versión final Capítulo IV. Resultados											x	
PUBLICACIONES 3: Artículo en Revista con Q1 o Q2 Pilotaje (capítulo de método)								x	x	x	x	x
PUBLICACIONES 4 Artículo en Revista con Q1 o Q2 Resultados de la implementación fase 1.								x	x	x	x	x
ESTANCIA en Universidad Internacional												
Informe doctorado						x					x	
CUARTO AÑO	2027					2028						
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
TESIS: Borrador Capítulo V. Propuesta modelo	x	x										
TESIS: Retroalimentación y ajustes Capítulo V. Propuesta modelo			x									
TESIS: Borrador Capítulo VI. Discusión, Conclusiones y Recomendaciones				x	x							
TESIS: Retroalimentación y ajustes Capítulo VI. Discusión, Conclusiones y Recomendaciones						x	x					
TESIS: Envío de tesis completa y retroalimentación de la directora de tesis								x				
TESIS: Envío de tesis completa y con ajustes de la directora de tesis									x			
TESIS: Preparación examen de grado										x	x	x
PUBLICACIONES 5: Artículo en Revista con Q1 o Q2 - Capítulo 5 modelo de evaluación.							x	x	x	x		
PUBLICACIONES 6: Artículo en Revista con Q1 o Q2 - Conclusiones con respuestas a la pregunta de investigación.							x	x	x	x	x	x
Informes doctorado						x					x	

## PLAN DE FORMACIÓN PERSONAL

PRIMER AÑO	
ACTIVIDAD	FECHA ESTIMADA
Congreso TEEM 2024 Alicante, España	Octubre 2024.
Semana doctoral 2024- USAL	Octubre - noviembre 2024.
Aprende a utilizar ChatGPT con orientación a la investigación educativa COMIE	Diciembre 2024.
Recursos de información de la universidad de salamanca	Diciembre 2024.
Fuentes de información especializadas: bases de datos (EBSCO, PROQUEST, INDICES-CSIC, SCIELO)	Diciembre 2024.
Identidad digital o cómo mejorar tu perfil investigador	Diciembre 2024.
Fuentes de información especializadas: índices de citas (SCOPUS, WOS, GOOGLE ACADÉMICO)	Diciembre 2024.
Búsquedas bibliográficas, mapeo sistemático y revisión sistemática de la literatura	Enero 2025.
IFE Conference 2025 del Tecnológico de Monterrey	Enero 2025.
Gestores bibliográficos y normas de redacción científica: REFWORKS, ZOTERO Y MENDELEY	Enero 2025.
Cátedra UNESCO	Enero 2025.
SEGUNDO AÑO	
ACTIVIDAD	FECHA ESTIMADA
Congreso TEEM 2025 Salamanca, España	Octubre 2025.
Semana doctoral 2025- USAL	Octubre - noviembre 2025.
Cursos de formación transversal	Noviembre 2025 - febrero 2026
Cursos en plataformas en línea	Septiembre - noviembre 2025
TERCER AÑO	
ACTIVIDAD	FECHA ESTIMADA
Semana doctoral 2026- USAL	Octubre - noviembre 2026.
Cursos de formación transversal	Noviembre 2026 - febrero 2027
Cursos en plataformas en línea	Septiembre - noviembre 2027
Estancia de movilidad internacional	por determinar
Asistencia a congresos	Fecha por determinar
CUARTO AÑO	
ACTIVIDAD	FECHA ESTIMADA
Semana doctoral 2027- USAL	Octubre - noviembre 2027.
Cursos de formación transversal	Noviembre 2027 - febrero 2028
Cursos en plataformas en línea	Septiembre - noviembre 2027
Estancia de movilidad internacional	por determinar
Asistencia a congresos	Fecha por determinar

## REFERENCIAS

- Alamäki, A., Khan, U. A., Kauttonen, J., & Schlögl, S. (2024). An Experiment of AI-Based Assessment: Perspectives of Learning Preferences, Benefits, Intention, Technology Affinity, and Trust. *Education Sciences*, 14(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/educsci14121386>
- Capinding, A. T. (2024). Development and Validation of Instruments for Assessing the Impact of Artificial Intelligence on Students in Higher Education. *International Journal of Educational Methodology*, volume-10-2024(volume-10-issue-2-may-2024), 197–211. <https://doi.org/10.12973/ijem.10.2.997>
- Creswell, J. W. (2015). *A concise introduction to mixed methods research*. Sage.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Sixth). SAGE Publications, Inc.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. (3rd.). Sage Publications, Inc.
- Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento*. (s/f). Doctorado Formación en la Sociedad del Conocimiento. Recuperado el 3 de marzo de 2025, de <https://knowledgesociety.usal.es/>
- Eichmann, B., Greiff, S., Naumann, J., Brandhuber, L., & Goldhammer, F. (2020). Exploring behavioural patterns during complex problem-solving. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(6), 933–956. <https://doi.org/10.1111/jcal.12451>
- Elmourabit, Z., Retbi, A., & El Faddouli, N.-E. (2024). The Impact of Generative Artificial Intelligence on Education: A Comparative Study. *European Conference on E-Learning*, 470–476.
- García-Peñalvo, F. J. (2022). Desarrollo de estados de la cuestión robustos: Revisiones Sistemáticas de Literatura. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 23, e28600–e28600. <https://doi.org/10.14201/eks.28600>
- García-Peñalvo, F. J. (2023). La percepción de la Inteligencia Artificial en contextos educativos tras el lanzamiento de ChatGPT: Disrupción o pánico. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 24, e31279–e31279. <https://doi.org/10.14201/eks.31279>
- García-Peñalvo, F. J., García de Figuerola, C., & Merlo, J. A. (2010). Open knowledge: Challenges and facts. *Online Information Review*, 34(4), 520–539. <https://doi.org/10.1108/14684521011072963>

- García-Peñalvo, F. J., Rodríguez Conde, M. J., Therón Sánchez, R., García-Holgado, A., Benito Santos, A., & Martínez Abad, F. (2019). Grupo GRIAL. *IE Comunicaciones. Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 30, 33–48.
- García-Peñalvo, F., & Vázquez-Ingelmo, A. (2023). What Do We Mean by GenAI? A Systematic Mapping of The Evolution, Trends, and Techniques Involved in Generative AI. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 8(Regular Issue), 7–16.
- Gnaldi, M., Bacci, S., Kunze, T., & Greiff, S. (2020). Students' Complex Problem Solving Profiles. *Psychometrika*, 85(2), 469–501. <https://doi.org/10.1007/s11336-020-09709-2>
- González Segura, C. M., García García, M., Menéndez-Domínguez, V. H., & Sánchez Arias, V. G. (2020). Computational Assistant for the Assessment University Competencies in B-Learning Environments. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 15(4), 299–306. IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje. <https://doi.org/10.1109/RITA.2020.3033212>
- Grohs, J. R., Kirk, G. R., Soledad, M. M., & Knight, D. B. (2018). Assessing systems thinking: A tool to measure complex reasoning through ill-structured problems. *Thinking Skills and Creativity*, 28, 110–130. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.03.003>
- Guía Ética para la Investigación Educativa, cuarta edición (2018)*. (s/f). Recuperado el 8 de abril de 2025, de <https://www.bera.ac.uk/publication/guia-etica-para-la-investigacion-educativa-cuarta-edicion-2018>
- Gupta, S. K., & Srivastava, T. (2023). Systematic review of assessment in undergraduate competency-based medical education and extrapolation of an assessment framework for Indian context—A study protocol. *Journal of Education and Health Promotion*, 12(1), 242. [https://doi.org/10.4103/jehp.jehp\\_1434\\_22](https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1434_22)
- Huang, C.-W., Coleman, M., Gachago, D., & Van Belle, J.-P. (2024). Using ChatGPT to Encourage Critical AI Literacy Skills and for Assessment in Higher Education. En H. E. Van Rensburg, D. P. Snyman, L. Drevin, & G. R. Drevin (Eds.), *ICT Education* (pp. 105–118). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-48536-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-48536-7_8)
- International Engineering Alliance*. (s/f). International Engineering Alliance. Recuperado el 2 de marzo de 2025, de <https://www.internationalengineeringalliance.org>

- Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *Educational Researcher*, 33(7), 14–26.
- Memarian, B., & Doleck, T. (2023). ChatGPT in education: Methods, potentials, and limitations. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 1(2), 100022. <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2023.100022>
- Morales López, S., Hershberger del Arenal, R., Acosta Arreguín, E., Morales López, S., Hershberger del Arenal, R., & Acosta Arreguín, E. (2020). Evaluación por competencias: ¿cómo se hace? *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 63(3), 46–56.  
<https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2019.63.3.08>
- Pacheco, C. S., & Herrera, C. I. (2023). Development and validation of the Complex Thinking Assessment Instrument (CTAI). *Thinking Skills and Creativity*, 48, 101305.  
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101305>
- Pamungkas, M. D., Waluya, S. B., Mariani, S., & Isnarto. (2023). A Systematic Review of Complex Problem-Solving in Education and Mathematics Education. *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 23(16), Article 16. <https://doi.org/10.33423/jhetp.v23i16.6465>
- 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/10.3390/joitmc8010004>
- Ramírez-Montoya, M.-S., & García-Peñalvo, F.-J. (2018). Co-creación e innovación abierta: Revisión sistemática de literatura. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, 26(54), 09–18. <https://doi.org/10.3916/C54-2018-01>
- Retana, J. Á. G. (2011). Este número se publicó el 15 de diciembre de 201. *Actualidades Investigativas en Educación*.
- Rosales-Torres, C., Gijón-Rivera, C., Garay-Rondero, C. L., Castillo-Paz, Á., & Domínguez-Ramírez, G. (2022). Design, Experimentation and Statistical Validation of a Methodology to Solve Complex Engineering Problems in Higher Education. *Sustainability*, 14(4), Article 4.  
<https://doi.org/10.3390/su14042240>

- Steiner, G. (2013). Competences for Complex Real-World Problems: Toward an Integrative Framework. *Working Paper, Weatherhead Center for International Affairs, Harvard University, 0002.*
- Tobón, S., & Luna-Nemecio, J. (2021). Complex Thinking and Sustainable Social Development: Validity and Reliability of the COMPLEX-21 Scale. *Sustainability, 13*(12), Article 12.  
<https://doi.org/10.3390/su13126591>
- Ulia, N., Waluya, S. B., Hidayah, I., & Pujiastuti, E. (2024). The relation of complex problem solving with reflective abstraction: A systematic literature review. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE), 13*(3), Article 3. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i3.26358>
- van den Berg, G., & du Plessis, E. (2023). ChatGPT and Generative AI: Possibilities for Its Contribution to Lesson Planning, Critical Thinking and Openness in Teacher Education. *Education Sciences, 13*(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/educsci13100998>
- Vázquez-Parra, J. C., Henao-Rodríguez, L. C., Lis-Gutiérrez, J. P., Castillo-Martínez, I. M., & Suarez-Brito, P. (2024). eComplexity: Validation of a complex thinking instrument from a structural equation model. *Frontiers in Education, 9*, 1334834. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1334834>
- World Economic Forum. (2020). *The Future of Jobs Report 2020*. World Economic Forum.  
<https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2020/digest/>
- Yang, H. (2024). Towards Responsible Use: Student Perspectives on ChatGPT in Higher Education. *European Conference on E-Learning, 415–422.*
- Zilbovicius, M., Piqueira, J. R. C., & Sznclvar, L. (2020). Complexity engineering: New ideas for engineering design and engineering education. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências, 92*, e20191489.  
<https://doi.org/10.1590/0001-3765202020181489>