

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería de Sistemas



DESIGNING A HIGH SCHOOL COMPUTATIONAL THINKING TEST USING EVIDENCE-CENTERED DESIGN

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas

Amadeo Alessandro Gomez Valverde

Código 20170656

Asesor

Rosario Marybel Guzman Jimenez

Lima – Perú

Junio de 2025

Diseño de un test de pensamiento computacional para alumnos de secundaria utilizando evidence-centered design

Amadeo Alessandro Gómez Valverde

20170656@aloe.ulima.edu.pe

Universidad de Lima

Resumen:

En la sociedad actual, las tecnologías digitales emergentes están presentes tanto en la vida cotidiana como en las relaciones humanas y profesionales. En este contexto, los procesos de educación requieren de transformaciones, que apunten a una mejor preparación y contextualización del mundo en que vivimos. El desarrollo del Pensamiento Computacional como habilidad cognitiva es esencial en esta era digital; sin embargo, aún no existe un estándar sobre la definición de Pensamiento Computacional ni cómo medirlo. Por lo que, el objetivo de la investigación es desarrollar un instrumento que permita estimar el nivel de pensamiento computacional utilizando un enfoque de diseño centrado en la evidencia. El enfoque propuesto combina la teoría cognitiva, la investigación educativa y el modelado psicométrico para diseñar un marco de evaluación integral y confiable. El test incluye dos escenarios con un total de 59 ítems distribuidos en 6 preguntas. Fue validado por académicos afines al campo científico, obteniéndose una valoración final del instrumento de 0.76 como índice de validez de contenido. Se trabajó con una muestra de 100 estudiantes (15 - 17 años) de 3 escuelas secundarias en Lima, Perú; analizados mediante análisis factorial confirmatorio bayesiano y pruebas paramétricas. Los resultados mostraron que el modelo era adecuado para evaluar la comprensión de las dimensiones de los pensamientos algorítmico y crítico, y resolución de problemas, independientemente de la experiencia previa con lenguajes de programación; mientras que la evaluación de la creatividad requiere un mayor nivel de ajuste y mejora. Esta investigación contribuye al creciente cuerpo de literatura sobre la evaluación del pensamiento computacional y tiene implicaciones para el desarrollo de políticas y prácticas educativas basadas en la evidencia en la educación secundaria.

Palabras Clave:

pensamiento computacional, educación secundaria, diseño centrado en la evidencia, validación psicométrica, habilidades cognitivas, análisis factorial confirmatorio.

Abstract:

The development of computational thinking as a cognitive skill is essential in this digital age; however, there is still no standard on how to define computational thinking or how to measure it. Therefore, the aim of the research is to develop an instrument that allows the estimation of the level of computational thinking using an evidence-centered design approach. The proposed approach combines cognitive theory, educational research and psychometric modelling to design a comprehensive and reliable assessment framework. The test includes two scenarios with a total of 59 items divided into 6 questions. It was validated by academics related to the scientific field, obtaining a final score of 0.76 as a content validity index. The test was administered to a sample of 100 students from 3 secondary schools in Lima, Peru, and analyzed using Bayesian confirmatory factor analysis and parametric tests. The results showed that the model is suitable for assessing understanding of the dimensions of algorithmic and critical thinking and problem

solving, regardless of prior experience with programming languages, while the assessment of creativity requires further adaptation and improvement. This research has implications for the development of evidence-based educational policy and practice in secondary education.

Keywords:

Computational thinking, secondary education, evidence-centered design, psychometric validation, cognition skills, confirmatory factor analysis.

Línea de investigación IDIC – ULIMA

Sociedad y comportamiento humano

Área y Sub-áreas de Investigación:

Área: Tecnologías y gestión de la información

Sub-área: Computación aplicada a la educación

Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS)

ODS 4: Educación de calidad

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo del Pensamiento Computacional (CT por sus siglas en inglés) no se trata solo de aprender a codificar; se trata de dotar a las personas de nuevos modelos mentales para resolver problemas, impulsar la innovación y prosperar en un mundo que cambia rápidamente. Este conjunto de habilidades es fundamental para el éxito tanto en el ámbito personal como profesional en el siglo XXI. Actualmente, uno de los desafíos para su medición es la necesidad de evaluaciones válidas y fiables de CT para escolares de secundaria. El gran número de definiciones, habilidades y perspectivas arraigadas al pensamiento computacional ha ocasionado que la comunidad educativa a lo largo de varios años entre en una disputa y falta de consenso sobre cuál es la definición correcta de CT y lo que engloba en sí, ocasionando dificultades en la medición y evaluación del pensamiento computacional. Investigadores y educadores han intentado resolver el problema de la evaluación sobre el aprendizaje del pensamiento computacional abarcando múltiples enfoques de evaluación suministradas a través de herramientas de recolección de datos como formularios, cuestionarios (Durak & Saritepeci, 2018; Kukul & Karataş, 2019; Yağcı, 2019) y test de conocimientos (Bati et al., 2018; Chen et al., 2017; Moreno León et al., 2015), así como herramientas informáticas tales como Scratch (Munoz et al., 2018), ScratchJr (Strawhacker et al., 2018), Snap! y AppInventor (von Wangenheim et al., 2018), entre otras; sin embargo, la existencia de un instrumento de evaluación que no solo se enfoque en conceptos computacionales y presente los requisitos necesarios para analizar cómo y en qué medida se puede estimar el nivel de pensamiento computacional a partir de capacidades personales relacionadas con la resolución de problemas, la lógica o la creatividad, es aún limitada.

2. OBJETIVO

El estudio tiene por objetivo diseñar un instrumento de evaluación para la estimación del nivel de pensamiento computacional de forma sistematizada y proporcionar a las instituciones educativas y docentes un marco valioso para el desarrollo de evaluaciones en el campo del pensamiento computacional y preparar a los estudiantes en ser competitivos para el mundo laboral al que se enfrentarán.

3. JUSTIFICACIÓN

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) explica que las Tecnologías de Información y Comunicación (ICT por sus siglas en inglés) está relacionado dentro de las escuelas y el aprendizaje de tres grandes maneras: El compromiso de los estudiantes con ICT (tanto fuera como dentro de la escuela) puede afectar sus procesos cognitivos y su bienestar, y eventualmente su manera de aprender; los maestros, de manera incremental, están utilizando ICT para la enseñanza y propósitos administrativos y comunicacionales con numerosas implicaciones para la gestión de un salón, prácticas de carácter instruccional, enfoques pedagógicos y su uso del tiempo. Finalmente, la capacidad de utilizar ICT y conocer de literatura digital son reconocidas como habilidades importantes que los estudiantes deben adquirir si es que quieren florecer en la era digital que todos estamos viviendo.

En ese sentido, el reconocimiento del pensamiento computacional por su importancia en la educación escolar ha ido incrementando con el pasar de los años, por un lado representa la unidad básica en los orígenes de las ciencias de computación y por el otro su interés en el desarrollo cada vez más amplio de habilidades en la resolución de problemas. Asimismo, se puede afirmar que las habilidades de pensamiento computacional son habilidades básicas que deben ser adquiridas por todos y no solo por expertos en computación. La enseñanza de estas habilidades especialmente a estudiantes es un tema de discusión en los sistemas educativos y que ha sido reconocido por varios países recientemente en diseñar iniciativas de inclusión de habilidades del pensamiento computacional en sus currículas.

Nuestro estudio permitirá abordar la atención suficiente sobre la estimación del nivel de pensamiento computacional a través de un instrumento y modelo de evaluación que validará en qué grado los estudiantes han desarrollado habilidades y/o factores arraigados al pensamiento computacional. Con ello, ayudaremos a los centros educativos para el desarrollo de políticas y prácticas educativas basadas en la evidencia en la educación secundaria; en donde el impacto es netamente social ya que ayuda a identificar las habilidades que los alumnos poseen, en qué nivel se encuentran y cuáles son aquellas que aún faltan por desarrollar; esto generará que las instituciones educativas tomen las medidas necesarias y diseñen mejores planes escolares preparando a los estudiantes para un mercado laboral cada vez más tecnológico, mejorando las habilidades intelectuales y haciendo uso de abstracciones para resolver problemas complejos.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

El presente esquema metodológico indica la aplicación del enfoque Evidence-Centered Design (ECD) como marco estructurado para el diseño de un instrumento de estimación del pensamiento computacional. ECD es un enfoque sistemático para el desarrollo de evaluaciones que busca garantizar que los instrumentos de medición proporcionen evidencia robusta y relevante sobre los constructos educativos que se desean evaluar. Propuesto por Robert Mislevy y colaboradores, el

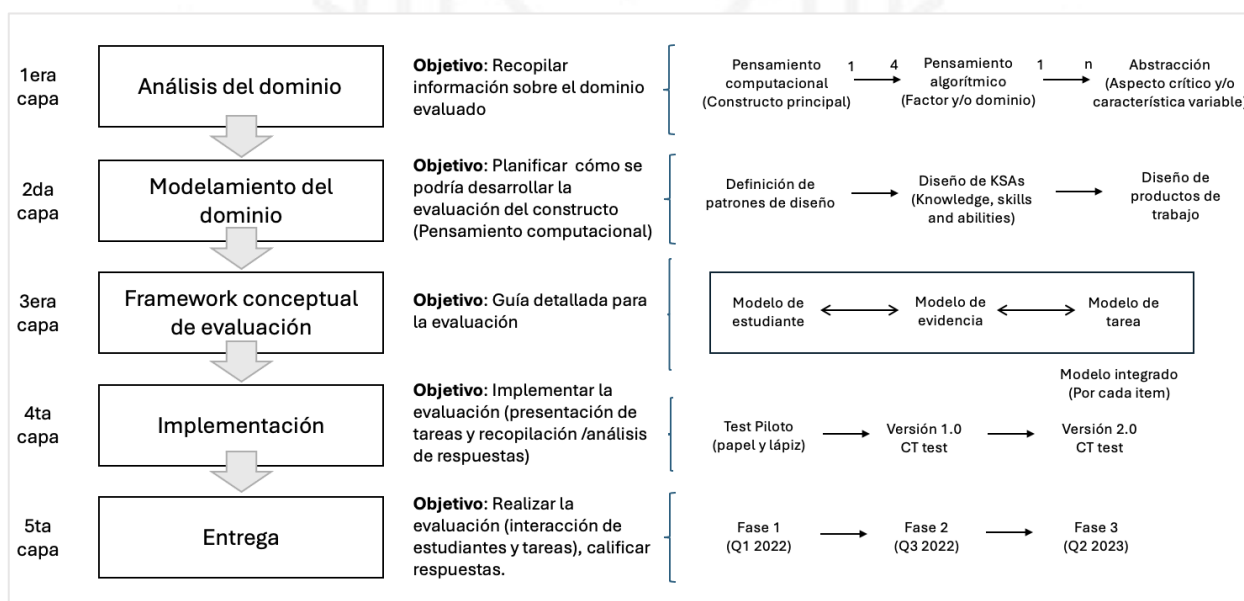
modelo ECD se basa en tres componentes clave: el análisis del dominio, el modelamiento del dominio y el framework conceptual de evaluación. El dominio de análisis define el conocimiento, habilidades y competencias que se deben evaluar, y cómo estos se organizan dentro de un marco teórico (Mislevy et al., 2003). El dominio de modelamiento especifica los tipos de evidencia que se recogerán y cómo se interpretarán para hacer inferencias válidas sobre las habilidades del estudiante, enfocándose en la conexión entre las tareas de evaluación y los constructos subyacentes (Mislevy & Riconscente, 2006). Finalmente, el modelo de evaluación detalla cómo se diseñarán las tareas y procedimientos para que proporcionen la evidencia necesaria, alineando el diseño de la evaluación con los objetivos educativos (Shaffer et al., 2009).

Este enfoque promueve una mayor transparencia y coherencia en el diseño de evaluaciones, facilitando la obtención de evidencia sólida sobre la validez y confiabilidad de los resultados (Mislevy et al., 2003). El método ECD fue desarrollado para evaluar desempeños complejos. Por esta razón, otros grupos, como Basu et al. (2020) y Snow et al. (2019), han utilizado ECD para desarrollar evaluaciones que miden prácticas de pensamiento computacional (CT). Aunque Snow et al. (2019) documentaron algunos de los desafíos del uso de ECD, como el tiempo y el costo, también mostraron el potencial de ECD como un marco para desarrollar evaluaciones de prácticas de CT. En particular, ilustraron la importancia de los patrones de diseño, ya que proporcionan un marco que define claramente las habilidades, conocimientos y actitudes (KSAs) focales y orientaciones sobre cómo desarrollar tareas para medirlas. Basándonos en el trabajo de Snow et al. (2019), utilizamos ECD para guiar el diseño de nuestra evaluación.

En la figura 4.1, se presenta gráficamente la estructura del diseño metodológico, permitiendo visualizar cómo cada una de las capas del ECD se articulan en el desarrollo del instrumento. Este enfoque garantiza la validez estructural del proceso de evaluación; sin embargo, se aplicaron otras pruebas para la validación de contenido y la validación del constructo del instrumento de evaluación: Prueba de validez de Lawshe y un Análisis Factorial Confirmatorio Bayesiano respectivamente.

Figura 4.1

Esquema metodológico



AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mi asesora Rosario Guzmán por su orientación académica y constante apoyo a lo largo de este proceso investigativo. También expreso mi gratitud a la Universidad de Lima; así como, a las instituciones educativas privadas y públicas por facilitar los recursos y espacios necesarios para el desarrollo de este trabajo. Finalmente, gracias a mi familia y personas cercanas por su comprensión y acompañamiento durante esta etapa.

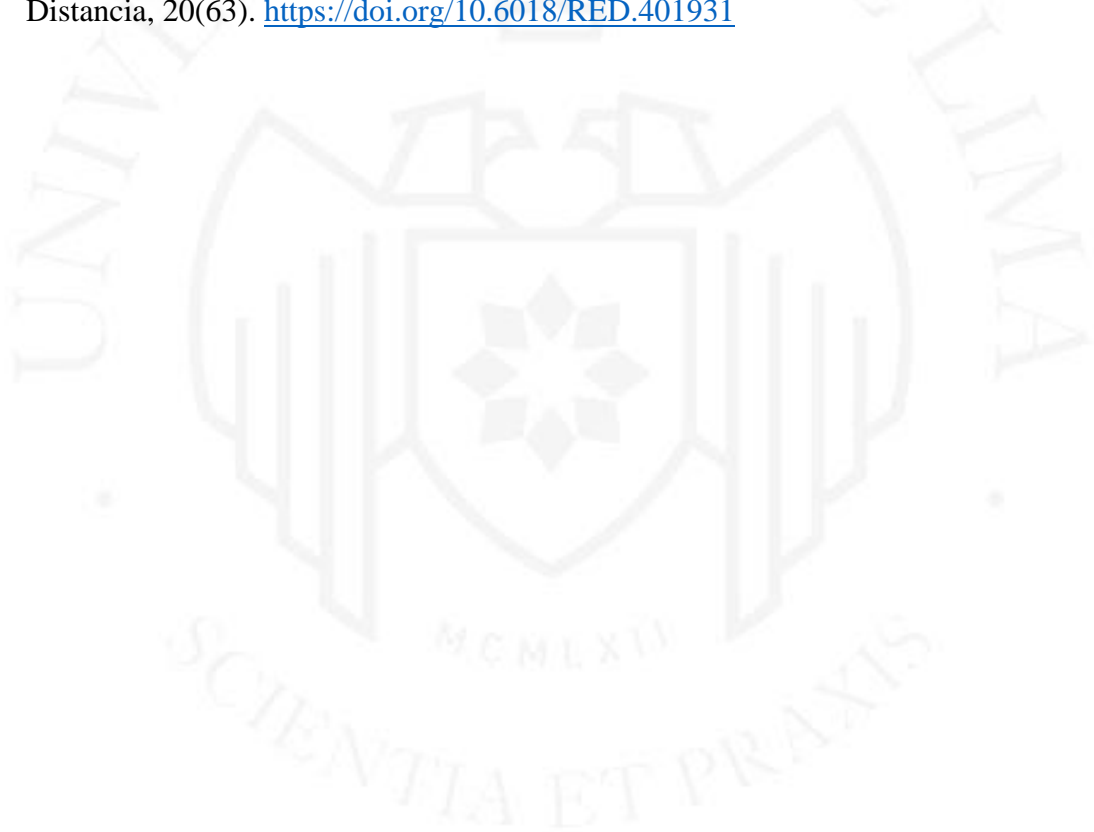
REFERENCIAS

- Arastoopour Irgens, G., Dabholkar, S., Bain, C., Woods, P., Hall, K., Swanson, H., Horn, M., & Wilensky, U. (2020). Modeling and Measuring High School Students' Computational Thinking Practices in Science. *Journal of Science Education and Technology*, 29(1), 137–161. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09811-1>
- Asbell-Clarke, J., Rowe, E., Almeda, V., Edwards, T., Bardar, E., Gasca, S., Baker, R. S., & Scruggs, R. (2020). The development of students' computational thinking practices in elementary- and middle-school classes using the learning game, Zoombinis. *Computers in Human Behavior*, 106587. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106587>
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, 2(1), 48–54. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929905>
- Basogain-Olabé, X., Olabé-Basogain, M. Á., & Olabé-Basogain, J. C. (2015). Pensamiento Computacional a través de la Programación: Paradigma de Aprendizaje. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 46(46). <https://doi.org/10.6018/red/46/6>
- Basu, S., Biswas, G., & Kinnebrew, J. S. (2017). Learner modeling for adaptive scaffolding in a Computational Thinking-based science learning environment. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 27(1), 5–53. <https://doi.org/10.1007/s11257-017-9187-0>
- Bati, K., Yetişir, M. I., Çalışkan, I., Güneş, G., & Saçan, E. G. (2018). Teaching the concept of time: A steam-based program on computational thinking in science education. *Cogent Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2018.1507306>
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New Frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *American Educational Research Association*, 1–25. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64051-8_9
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., & Eltoukhy, M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers and Education*, 109, 162–175. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>
- Çoban, E., & Korkmaz, Ö. (2021). An alternative approach for measuring computational thinking: Performance-based platform. *Thinking Skills and Creativity*, 42(August). <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100929>
- De la Fuente, H. A., & Pérez García, A. (2017). Evaluación del Pensamiento Computacional en Educación Primaria. *Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa*, 3, 25–39. <https://doi.org/10.6018/riite/2017/267411>
- De Paula, B. H., Burn, A., Noss, R., & Valente, J. A. (2018). Playing Beowulf: Bridging computational thinking, arts and literature through game-making. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 16, 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2017.11.003>

- Durak, H. Y., & Saritepeci, M. (2018). Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model. *Computers and Education*, 116, 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.004>
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Guggemos, J. (2021). On the predictors of computational thinking and its growth at the high-school level. *Computers and Education*, 161(November), 104060. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104060>
- ISTE, & CSTA. (2011). Leadership Toolkit. *Futures*, 28(1), 17–59.
- Korkmaz, Ö., & Bai, X. (2019). Adapting computational thinking scale (CTS) for chinese high school students and their thinking scale skills level. *Participatory Educational Research*, 6(1), 10–26. <https://doi.org/10.17275/per.19.2.6.1>
- Korkmaz, Ö., Çakir, R., & Özden, M. Y. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558–569. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.005>
- Kukul, V., & Karataş, S. (2019). Computational thinking self-efficacy scale: Development, validity and reliability. *Informatics in Education*, 18(1), 151–164. <https://doi.org/10.15388/infedu.2019.07>
- Leopardi, L. (2009). Racionalidad Teórica- Metodológica presentes en paradigmas de la investigación socioeducativa. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 9(18), 46–65. http://www.umce.cl/~dialogos/n18_2009/leopardi.swf
- Molina-Patlán, C., Morales-Martínez, G. P., & Valenzuela-González, J. R. (2016). Competencia transversal pensamiento crítico: Su caracterización en estudiantes de una secundaria de México. *Revista Electrónica Educare*, 20(1), 1–26. <https://doi.org/10.15359/ree.20-1.11>
- Moreno-León, J., Harteveld, C., Román-González, M., & Robles, G. (2017). On the automatic assessment of computational thinking skills: A comparison with human experts. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings, Part F1276*, 2788–2795. <https://doi.org/10.1145/3027063.3053216>
- Moreno León, J., Robles, G., & Román González, M. (2015). Dr. Scratch: Automatic Analysis of Scratch Projects to Assess and Foster Computational Thinking. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 46, 1–23.
- Munoz, R., Villarroel, R., Barcelos, T. S., Riquelme, F., Quezada, A., & Bustos-Valenzuela, P. (2018). Developing Computational Thinking Skills in Adolescents with Autism Spectrum Disorder Through Digital Game Programming. *IEEE Access*, 6, 63880–63889. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2877417>
- OCDE. (2019). PISA 2021 ICT Framework. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- OECD. (2019). PISA 2021 Creative Thinking Framework. *Journal of Technology and Teacher Education*, Third Volume, 47.
- OLUK, A., & KORKMAZ, Ö. (2016). Comparing Students' Scratch Skills with Their Computational Thinking Skills in Terms of Different Variables. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 8(11), 1–7. <https://doi.org/10.5815/ijmecs.2016.11.01>

- Relkin, E., de Ruiter, L., & Bers, M. U. (2020). TechCheck: Development and Validation of an Unplugged Assessment of Computational Thinking in Early Childhood Education. *Journal of Science Education and Technology*, 29(4), 482–498. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09831-x>
- Reynders, G., Lantz, J., Ruder, S. M., Stanford, C. L., & Cole, R. S. (2020). Rubrics to assess critical thinking and information processing in undergraduate STEM courses. *International Journal of STEM Education*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00208-5>
- Rojas-López, A., & García-Peñalvo, F. J. (2020). Evaluación del pensamiento computacional para el aprendizaje de programación de computadoras en educación superior. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(63). <https://doi.org/10.6018/red.409991>
- Román-Gonzales, M., & Resumen, G. (2016). Test de Pensamiento Computacional: principios de diseño, validación de contenido y análisis de ítems Computational Thinking Test: design guidelines, content validation and item analysis. December, 1–19.
- Román-gonzález, M., Moreno-león, J., & Robles, G. (2019). Combining Assessment Tools for a Comprehensive Evaluation of Computational Thinking Interview. In *Computational Thinking Education (Issue June)*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7>
- Román-González, M., Pérez-González, J. C., Moreno-León, J., & Robles, G. (2018). Can computational talent be detected? Predictive validity of the Computational Thinking Test. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 18, 47–58. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.004>
- Sáez López, J. M., & Cózar Gutiérrez, R. (2016). Pensamiento computacional y programación visual por bloques en el aula de Primaria. *Educación*, 53(1), 129. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.841>
- Selby, C. C., & Woollard, J. (2014). Refining an Understanding of Computational Thinking. *Author's Original*, 2006, 1–23.
- Shailaja, J., & Sridaran, R. (2015). Computational Thinking the Intellectual Thinking for the 21st century. *International Journal of Advanced Networking & Applications*, May 2015 Special Issue, March, 39–46.
- Strawhacker, A., Lee, M., & Bers, M. U. (2018). Teaching tools, teachers' rules: exploring the impact of teaching styles on young children's programming knowledge in ScratchJr. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(2), 347–376. <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9400-9>
- Tsarava, K., Moeller, K., & Ninaus, M. (2018). Training Computational Thinking through board games: The case of Crabs & Turtles. *International Journal of Serious Games*, 5(2), 25–44. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v5i2.248>
- von Wangenheim, C. G., Hauck, J. C. R., Demetrio, M. F., Pelle, R., da Cruz Alves, N., Barbosa, H., & Azevedo, L. F. (2018). CodeMaster - Automatic assessment and grading of app inventor and snap! Programs. *Informatics in Education*, 17(1), 117–150. <https://doi.org/10.15388/infedu.2018.08>
- Weese, J. L., & Feldhausen, R. (2017). STEM outreach: Assessing computational thinking and problem solving. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2017-June. <https://doi.org/10.18260/1-2--28845>

- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Weintrop, D., & Wilensky, U. (2018). How block-based, text-based, and hybrid block/text modalities shape novice programming practices. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.04.005>
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717–3725. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>
- Yağcı, M. (2019). A valid and reliable tool for examining computational thinking skills. *Education and Information Technologies*, 24(1), 929–951. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9801-8>
- Zafra, E. S., Rodríguez, N. R., Pérez, A. E. Z., Marañón, P. L. P., & Rodríguez, M. Á. A. (2020). Computational thinking: A new way to train working memory? *Revista de Educacion a Distancia*, 20(63). <https://doi.org/10.6018/RED.401931>



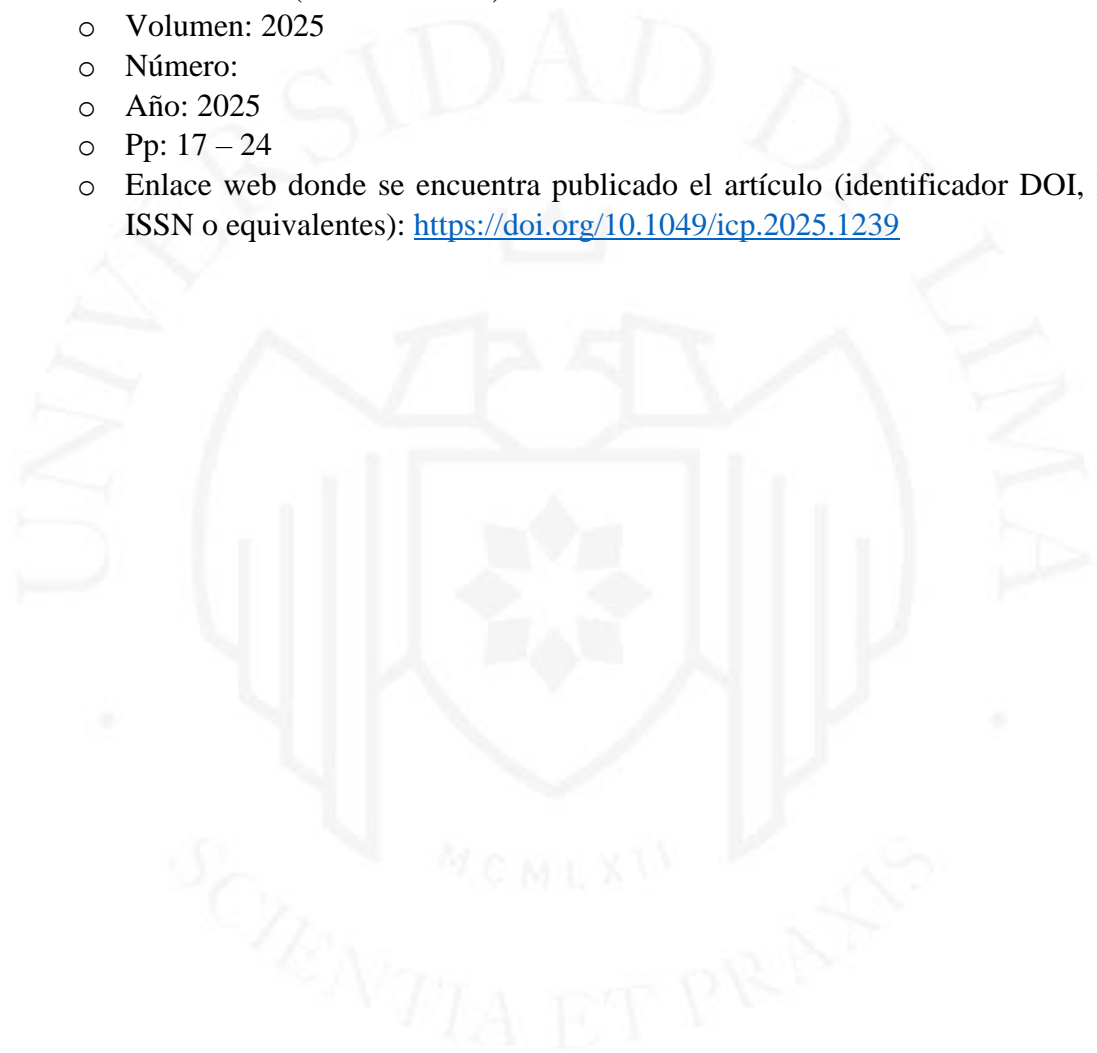
ANEXOS


Datos del artículo publicado

- Nombre del artículo: Designing a high school computational thinking test using evidence-centered design.
- Autores: Amadeo Gomez Valverde
- Co autor(es): Rosario Guzman-Jimenez y Jose Cardenas-Garro.

Publicación en revista

- Nombre de la revista: International Conference on Technological Innovation and AI Research (ICTIAIR 2025)
- Volumen: 2025
- Número:
- Año: 2025
- Pp: 17 – 24
- Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes): <https://doi.org/10.1049/icp.2025.1239>



 Página 2 of 14 - Integrity Overview Identificador de la entrega trncoid::13239424169

12% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.




Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

Exclusions

- ▶ 0 Excluded Matches

Top Sources

- 7%  Internet sources
- 1%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

turnitin Página 2 of 14 - Integrity Overview Identificador de la entrega trncoid::13239424169