

Evaluación de las habilidades de Pensamiento Computacional: Revisión sistemática de la literatura

Rene Fabián Zúñiga Muñoz, Julio Ariel Hurtado Alegría, Gregorio Robles

Resumen—Contexto: En muchos países, actualmente es importante integrar puntos de vista orientados al aprendizaje para fomentar el pensamiento computacional (PC) en el aula. Esto ha inspirado ideas para nuevos planes de clase, estrategias de instrucción, orientación del profesorado y, lo que es más importante, nuevos enfoques para calificar estas habilidades. **Objetivo:** Este artículo presenta los resultados de una revisión sistemática centrada inicialmente en la identificación de las diversas formas de evaluar el PC en la escuela y su relación con las habilidades relevantes del PC. **Método:** Hemos llevado a cabo una revisión sistemática de la literatura para evaluar el PC en la escuela. Esta revisión aplicó una búsqueda semiautomática de términos específicos dentro de los trabajos seleccionados. Estos términos provienen del análisis de varias definiciones establecidas de PC. **Resultados:** Presentamos un conjunto de las competencias y conceptos más representativos desarrollados en diversas experiencias, en las que el tema principal es la evaluación del PC así como algunos que no han sido desarrollados y que pueden ser objeto de futuros trabajos. **Conclusiones:** La evaluación del PC en la escuela requiere de múltiples enfoques; es un reto contar con un solo método o estrategia para evaluar todo lo que implica el PC

pensamiento computacional es muy variada. La literatura incluye técnicas como la revisión de código, la administración de cuestionarios, la realización de entrevistas, la instrucción en temas específicos como la robótica y el desarrollo de prácticas inconexas. Debido a que no existen formas establecidas para evaluar de forma exhaustiva las habilidades de pensamiento computacional, llevar a cabo este tipo de actividades no resulta tan sencillo para educadores e investigadores. Esta situación nos invita a realizar este trabajo, para ofrecer a investigadores, docentes y planificadores educativos una visión real y basada en hechos del tema de la evaluación del pensamiento computacional a partir de las propuestas disponibles en la literatura. La información que presentamos está relacionada con datos demográficos, educativos y técnicos sobre las actividades, escenarios y prácticas que se pueden aplicar en la escuela para evaluar el pensamiento computacional (PC). La revisión que hemos realizado nos permite conocer las experiencias e iniciativas que lideran el tema de la evaluación del pensamiento computacional, considerando varios aspectos, no sólo el número de citas hechas al artículo, sino también en cuanto a su contenido y la recurrencia de algunos términos relevantes relacionados con la definición de CT.

I. INTRODUCCION

DESDE que Jeannette Wing propuso (o recuperó) el término "pensamiento computacional"[1] muchos países han adoptado la enseñanza del pensamiento computacional como parte de su currículo, la evaluación de este componente se ha convertido en un tema de estudio que ha ido en aumento en los últimos años. La evaluación del aprendizaje es fundamental en la educación. Actualmente, la evaluación del

Este trabajo presenta el proceso y los resultados obtenidos a partir de un mapeo sistemático relacionado con las propuestas desarrolladas en torno a la evaluación del pensamiento computacional en la escuela. Este estudio enfatiza la investigación sobre las relaciones entre las diferentes formas de evaluar y definir el pensamiento computacional. Además, identifica los aspectos académicos y técnicos para estudios posteriores. Los resultados muestran un panorama de los autores y experiencias más relevantes que deben considerarse al evaluar el pensamiento computacional, coincidiendo con los términos encontrados en un estudio realizado sobre la evolución de la definición de Pensamiento Computacional[2] y la recurrencia de estos términos clave en tres marcos de evaluación del pensamiento computacional. Los investigadores dispondrán de información que les permitirá conocer qué autores han tenido mayor impacto en el desarrollo de propuestas relacionadas con la evaluación del pensamiento computacional en la escuela, así como identificar los conceptos más relevantes presentes en las definiciones del PC. Del mismo modo, se presenta información demográfica que

F. A. Author is with the National Institute of Standards and Technology, Boulder, CO 80305 USA (corresponding author to provide phone: 303-555-5555; fax: 303-555-5555; e-mail: author@boulder.nist.gov).

S. B. Author, Jr., was with Rice University, Houston, TX 77005 USA. He is now with the Department of Physics, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523 USA (e-mail: author@lamar.colostate.edu).

T. C. Author is with the Electrical Engineering Department, University of Colorado, Boulder, CO 80309 USA, on leave from the National Research Institute for Metals, Tsukuba, Japan (e-mail: author@nrim.go.jp).

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

puede ser útil para enfocar futuras investigaciones. Este artículo presenta en primer lugar algunos antecedentes del pensamiento computacional y trabajos relacionados sobre la evaluación del pensamiento computacional. A continuación, se describe la metodología empleada, detallando cada paso para la búsqueda, revisión, análisis y elaboración de informes. Por último. Compartimos los resultados del estudio, las limitaciones y el trabajo futuro.

II. ANTECEDENTES

A. *Pensamiento computacional (PC)*

Wing define el pensamiento computacional TC como la posibilidad de resolver problemas utilizando la informática para diseñar, comprender, modelar y socializar una solución a cualquier situación de la vida cotidiana o de la estabilidad[1]. Además, el TC puede ser desarrollado por cualquier persona, no necesariamente alguien relacionado con la informática. El pensamiento computacional implica reutilizar, descomponer, ser recursivo, aplicar la abstracción y representar adecuadamente un problema[3] define el PC como una actividad mental para hacer problemas y formular soluciones capaces de ser automatizadas y [4] lo considera un proceso de reconocimiento de los aspectos de la computación en el mundo que nos rodea y la aplicación de herramientas y técnicas de las ciencias de la computación para comprender y razonar sobre sistemas y procesos naturales y artificiales. Asimismo, [5] la define como la orientación para formular problemas que implican la conversión entre una entrada y una salida. Este concepto se aplica principalmente en habilidades matemáticas que permiten adaptar el algoritmo al tamaño del problema[6] propone definir la PC desde la perspectiva de la enseñanza, que se aplica a diferentes profesiones y campos del conocimiento para que les permita resolver problemas, crear y descubrir nuevas preguntas que permitan mejorar la ciencia[7] asimilan la definición de pensamiento computacional al uso de patrones y procesos que resuelven problemas con programas informáticos utilizando la descomposición, la abstracción y la automatización[8] define el pensamiento computacional como un conjunto de diversas habilidades humanas y las clasifica en habilidades específicas como el pensamiento lógico y el pensamiento algorítmico, de tal manera que estas habilidades permiten diferenciar características que pueden ser socializadas con diferentes personas y unirlos en una aplicación basada en los conceptos y técnicas de la ciencia de la computación. En un estudio reciente, Moreno-León proponen una nueva definición: "PC sería la capacidad de formular y representar problemas para resolverlos mediante la utilización de herramientas, conceptos y prácticas de la disciplina informática, como la abstracción, la descomposición o el uso de simulaciones"[2]. Esta definición es el resultado de un análisis de redes textuales aplicado a artículos que han centrado su trabajo en la definición de pensamiento computacional. El análisis muestra los términos relevantes relacionados con las definiciones de TC que deben tenerse en cuenta cuando se discute el concepto de pensamiento computacional y para nuestro trabajo este grupo de términos se convierte en un componente principal de la revisión.

B. *Diversas propuestas para evaluar el PC*

[9] plantean una pregunta pertinente: ¿cómo definimos una metodología de evaluación adecuada? Es posible hacerlo con una variedad de enfoques existentes; presentan diversas iniciativas como: • Evaluación interactiva en línea. [10]. • Diseño basado en la evidencia. [11]. • Sistema de evaluación. [12]. • Portafolios. [13]. • Minería de datos y medidas cualitativas. [14]. • Etnografía digital [15]. • Estrategias incrementales de resolución de problemas. [16], [17] coinciden en la necesidad de investigar cómo evaluar las habilidades de PC, en su trabajo, destacan la controversia sobre la definición de pensamiento computacional, ya que la amplitud de las habilidades de pensamiento computacional hasta el momento no ha permitido una definición unificada. Clasifican las definiciones en dos grupos, a los que denominan "Relacionados con la programación y los conceptos computacionales" y "Competencias necesarias tanto en el conocimiento específico del dominio como en las habilidades generales de resolución de problemas". En su estudio, revisaron 96 artículos de revistas y consideraron los siguientes aspectos: contexto educativo, constructo de evaluación, tipo de evaluación y evidencia de confiabilidad y validez. Señalan que es necesario fortalecer la evaluación a nivel medio, universitario y en los programas de formación. También encuentran que la mayoría de las propuestas de evaluación miden competencias de programación, y utilizan otros instrumentos de medición como encuestas, que se aplican para conocer la opinión de los estudiantes sobre las actividades propuestas. Consideramos fundamental resaltar que enfatizan la necesidad de "recolectar y reportar más evidencia de confiabilidad y validez en estudios futuros". La revisión que se presenta en este artículo tiene en cuenta el trabajo realizado por [2] en el que identifican aquellos términos que son más relevantes a la hora de definir el pensamiento computacional y, a partir de estos términos, se establece una relación con los trabajos que se han propuesto sobre la evaluación de este tipo de pensamiento. En términos de evaluación, este trabajo centra su revisión en el contexto en el que se realiza la evaluación, los constructos utilizados para medir, las herramientas de evaluación y la confiabilidad y validez de estas evaluaciones. Para realizar la revisión utilizan la clasificación de McMillan, que hace referencia a los paradigmas de evaluación en el aula que se establecen a partir de la relación entre los objetivos de aprendizaje, los estándares y el contexto del alumno. Utilizan tres bases de datos digitales ERIC, PsycINFO y Google Scholar buscan artículos de revistas que contengan en todos los campos la frase clave "pensamiento computacional" y excluyen de su base de datos los artículos que se han presentado en conferencias. En [18] se presenta una revisión sobre la evaluación del pensamiento computacional en Corea del Sur, donde la orientación hacia la educación en software se considera fundamental en la formación de los estudiantes. Establece que: "Para que la educación del pensamiento computacional sea efectiva, se deben apoyar las herramientas apropiadas para evaluar el pensamiento computacional". La búsqueda de artículos en este estudio se lleva a cabo en revistas académicas coreanas de 2014 a 2019, utilizando las siguientes frases clave: "Evaluación de habilidades de pensamiento", "Test de habilidades de pensamiento

informático”, “Evaluación de educación SW” y “Test de educación SW. Afirma que es necesario realizar estudios sistémicos relacionados con la evaluación y centra su estudio en los siguientes aspectos: “análisis de estudios relacionados con la evaluación del pensamiento computacional realizados en Corea, y análisis de investigaciones previas sobre herramientas de evaluación, criterios de evaluación y métodos de evaluación. En este estudio se tienen en cuenta tres aspectos: conocimiento (manejo de conceptos y programación), desempeño (solución de problemas reales basados en algoritmos) y actitud (autoconfianza y perseverancia en la resolución del problema). En nuestro estudio, la búsqueda de artículos no se aplica a un país en particular, y los temas están más allá de aspectos relacionados con la programación o algorítmica.

III. METODOLOGÍA DE LA REVISIÓN

Este estudio tiene como objetivo identificar en la literatura las propuestas más relevantes para la evaluación del pensamiento computacional en las escuelas y relacionar su contenido con un conjunto de términos clave resultantes de un análisis previo de las definiciones de pensamiento computacional. Consideramos relevante extraer información de primera mano de los artículos encontrados, para conocer la publicación, dónde, cuándo, quién la presentó y cuántas referencias ha obtenido hasta el momento. Después. Realizamos una búsqueda algo más específica de los artículos seleccionados en base a los criterios aplicados al tipo de producto, el nivel de aplicación del estudio, la edad de los participantes del estudio, entre otros. Abajo. Presentamos lo definido y su objetivo.

La revisión sistemática presentada en este artículo aplica la metodología propuesta en [19] donde se definen los siguientes pasos:

1. Formulación de preguntas de investigación.
2. Búsqueda de estudios.
 - a. Selección de estudios relevantes.
 - b. Proceso de bola de nieve
 - c. Definición de criterios de revisión
 - d. Revisión semiautomática de trabajos
3. Análisis y síntesis de resultados.
4. Presentación de resultados.

En la Fig. 1. Mostramos las fases del proceso aplicado en la revisión.

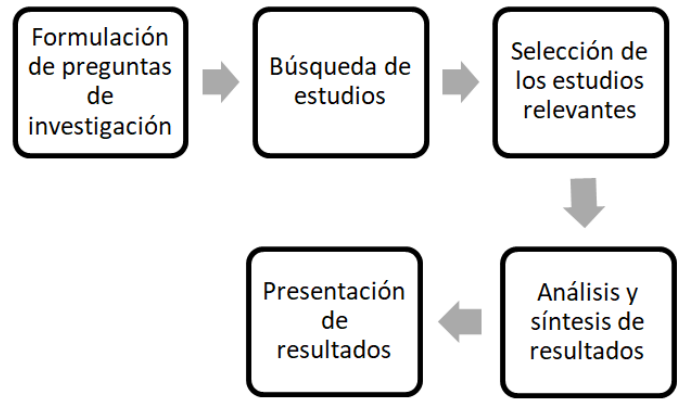


Fig. 1. Proceso aplicado en la RSL.

A. Formulación de preguntas de investigación

El primer paso fue definir las preguntas de investigación sobre las cuales centraríamos esta investigación, fueron formuladas para orientar a los lectores acerca de la base conceptual de este estudio teniendo en cuenta que desde 2006, cuando se propuso el concepto de “pensamiento computacional”, se inició su aplicación y uso en las escuelas, esto ha llevado a saber evaluarlo, teniendo en cuenta diferentes contextos, ajustando prácticas educativas, aplicando experiencias o innovando las existentes.

RQ1: ¿Cuándo se han publicado los artículos?

Desde que se empezó a hablar del pensamiento computacional, han aparecido varias propuestas sobre la forma de trabajar este pensamiento en la escuela. Inicialmente, los esfuerzos se centraron en tratar de comprender su significado y, en consecuencia, la forma de evaluarlo comenzó a aparecer en la literatura. Son muchos los trabajos que se han publicado a lo largo del tiempo. Consideramos necesario conocer cuáles de estas propuestas han sido relevantes para otros autores, cuáles han cumplido características específicas de calidad, como haber utilizado grupos de control y qué tipo de investigación se propone. Con este trabajo pretendemos contribuir a reducir el tiempo de búsqueda del investigador, mostrando los productos relevantes, que le permitirán centrar sus esfuerzos en ajustar o proponer estrategias para la evaluación del pensamiento computacional. En particular pretendemos responder a las siguientes preguntas:

RQ2: ¿Cuántas citas tiene cada trabajo?

RQ3: ¿Qué artículos utilizaron grupos de control en sus estudios?

RQ4: ¿Qué métodos de investigación se utilizaron en los estudios?

El presente estudio se enfoca en trabajos aplicados en ambientes escolares ya que la aplicación del pensamiento computacional en las escuelas de todo el mundo es una realidad. Conocer el entorno o rangos de edad involucrados en los estudios que se publican permitiría a los investigadores conocer experiencias que se pueden tomar como referencia si

es un campo nuevo que amerita ser profundizado más adelante.

RQ5: ¿Cuál es el rango de edades de los estudiantes que han participado en los estudios reportados?

RQ6: ¿En qué niveles de educación se aplicaron los estudios reportados?

RQ7: ¿Qué trabajos proponen un marco para la evaluación del pensamiento computacional?

RQ8: ¿Qué aspectos requieren más trabajo en relación con la evaluación del pensamiento computacional en la escuela?

RQ9: ¿Qué artículos relacionados con la evaluación del pensamiento computacional fueron revisados por pares?

B. Búsqueda de estudios

Se utiliza Google Scholar como buscado, ya que se considera una herramienta que proporciona información de diversas fuentes, como ACM Digital Library, IEEE Xplore, SpringerLink y ScienceDirect. En la Tabla 1 presentamos las cadenas de búsqueda utilizadas y el número de artículos encontrados para cada una de ellas. Al final contamos con 118 trabajos, de los cuales fue posible acceder a 91. Posteriormente. Clasificamos este grupo de artículos según la relevancia del artículo. Agrupamos los resultados y, revisando los títulos, descartamos productos repetidos. El resultado fue: 91 artículos para la siguiente etapa. En esta nueva etapa, de cada uno de los artículos se extrajo la siguiente información: Lugar de publicación, tipo de publicación, autores, año de publicación y referencias utilizadas. El tipo de publicación se utilizó para determinar qué artículos serían considerados para una revisión adicional de sus referencias (proceso de bola de nieve). Para la siguiente etapa, consideramos artículos revisados por pares (documentos presentados en seminarios, talleres, simposios, revistas).

TABLA 1. CADENA DE BÚSQUEDA APLICADA EN LA REVISIÓN DELA LITERATURA

Cadena de búsqueda	Documentos encontrados
Allintitle: assessment “Computational Thinking”	89
Allintitle: assess “Computational Thinking”	16
Allintitle: measurement of “Computational Thinking”	3
Allintitle: measure “Computational Thinking”	9
Allintitle: evaluate “Computational Thinking”	1
Allintitle: evaluation of “Computational Thinking”	3

C. Selección de estudios relevantes

1) Proceso de bola de nieve

Se evaluaron las referencias de 91 trabajos, resultando 1039 referencias adicionales. Para esta revisión utilizamos una hoja de cálculo:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1MYR_OZINkMhexsclr3Lzf1DVdOLKJFxcA/edit?usp=sharing&oid=115156239708974631150&rtfop=true&sd=true, que nos ayudó a encontrar coincidencias de texto en los títulos.

Cuando se encuentra una coincidencia, se asigna un valor de 1 para cada hallazgo y se van sumando a medida que se encuentran más. Los pasos seguidos fueron:

- Buscar en el título del artículo la cadena "Pensamiento computacional", al hacer coincidir esta cadena se asigna un valor de 1.
- Buscar en el título del artículo las siguientes palabras: evaluación, evaluaciones, medición, evaluación, evaluando, evaluando, evaluando, evaluando o evaluando. Se suma un valor de 1 cada vez que se encuentra alguna de las palabras.
- Los títulos que arrojaron un valor de 2 o más fueron considerados artículos relevantes para formar parte del pre-corpus.

Al final de este proceso, quedan 98 trabajos para ser evaluados en la siguiente etapa.

2) Criterios de exclusión

Se aplicaron los siguientes criterios de exclusión a los artículos resultantes: accesibilidad del artículo, número de citas inferior a 7, número de páginas inferior a 5 y si había sido revisado por pares.

Al finalizar esta etapa quedaron 65 artículos a los que se les aplicó una búsqueda semiautomática de términos relevantes y herramientas de evaluación del pensamiento computacional. En la Fig. 2 podemos ver que los tipos de documentos de los artículos seleccionados más representativos fueron evaluados para congresos o revistas.

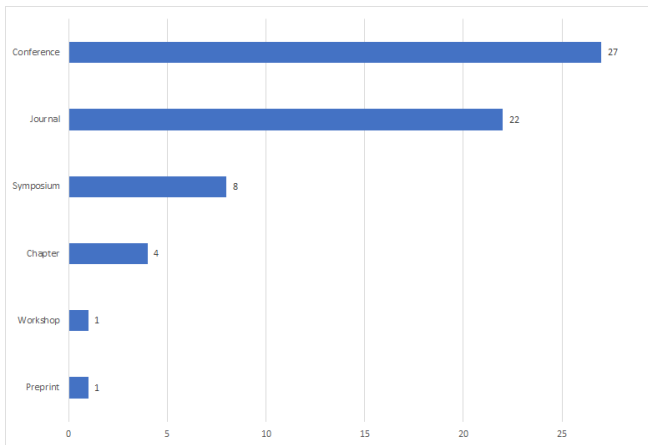


Fig. 2. Artículos seleccionados por tipo de publicación

3) Análisis semiautomático de los artículos

Con el grupo de artículos resultante, el análisis se realizó inicialmente mediante una aplicación Java que nos permitió copiar el contenido de cada artículo en su respectiva pestaña dentro de la hoja de cálculo de Excel. Luego usamos este archivo para revisar el contenido de cada hoja y para analizar semiautomáticamente el contenido de los documentos de la siguiente manera: determinar que las secciones en las que se va a aplicar el análisis para cada artículo son: resumen, introducción, discusión, resultados, conclusión y trabajo futuro.

Identificar para cada sección la dirección de la celda que aparece en el texto del artículo, esto sirve como referencia al momento de aplicar la búsqueda de cada uno de los términos clave y herramientas de evaluación.

Al tener las direcciones de celda que determinan los límites por sección. Buscamos los siguientes términos específicos: Problema, resolver, solución, abstracción, simulación, descomposición, algoritmo, lógica, depuración y rendimiento.

También dentro de los artículos buscamos algunas herramientas que apuntan a evaluar el pensamiento computacional, revisión de práctica, entregables (Juegos), rúbricas, datos, instrumentos de recolección, modelos, diseño basado en evidencia, análisis de código, programación por bloques, entornos de programación, herramientas de evaluación en línea, uso taxonomía SOLO y taxonomía de BLOOM, Bebras, actividades desconectadas, preguntas de opción múltiple.

El resultado nos permite contar todas las ocurrencias de cada término clave o herramienta de evaluación según la sección. Por ejemplo, si un término está en el rango de la introducción y la conclusión. Suponemos que se ha desarrollado en el documento y este trabajo se puede tener en cuenta para una revisión posterior.

D. Análisis, síntesis y presentación de resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada una de las etapas del método aplicado.

1) Búsqueda de estudios

Nuestra búsqueda dio como resultado: 65 artículos disponibles, en la Tabla 2 vemos los artículos que fueron identificados en cada una de las etapas de la revisión. Encontramos el artículo [20] que tiene más de 1324 citas y cinco artículos con más de 100 citas: [21], [22], [23], [24] y [25] (ver Fig. 3) Además, es importante tener en cuenta que, en el año 2020, aparecen menos artículos publicados porque aún no se habían publicado artículos nuevos en el momento de la búsqueda. (ver Fig. 4).

TABLA 2. NÚMERO DE TRABAJOS ENCONTRADOS POR ETAPA

Etapas	Artículos encontrados
Búsqueda inicial	121
Artículos disponibles	91
Artículos resultantes de bola de nieve	1039
Artículos precorpus	98
Artículos seleccionados luego de la exclusión	65

Fuente: Elaboración propia.

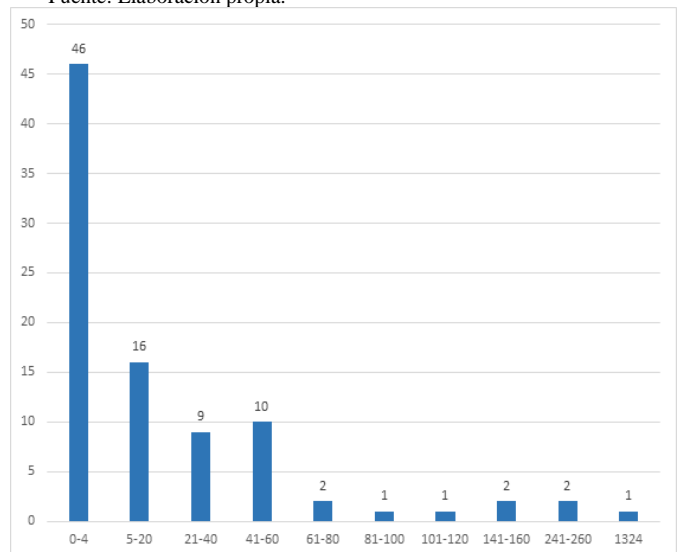


Fig. 3. Número de citas de los artículos seleccionados

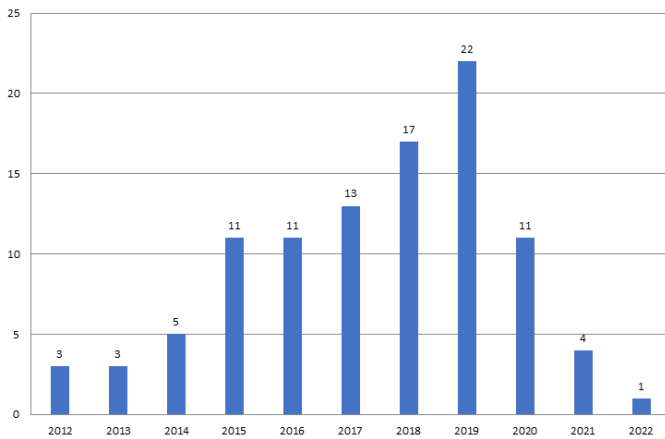


Fig. 4. El recuento del año de publicación de los artículos seleccionados*

* El año 2020 aparece con un valor menor debido a que en la fecha en la cual se realizó la búsqueda aún no se han publicado nuevos trabajos, al actualizar la búsqueda hasta el año 2023 encontramos que se han publicado 5 trabajos relacionados con búsquedas sistemáticas de la literatura sobre la evaluación del pensamiento computacional

2) Selección de estudios relevantes

Al final del proceso de bola de nieve, obtuvimos 108 artículos como componentes pre-corpus, de los cuales seis no permitieron el acceso a ellos. Esto dejó 102 artículos para revisar y en este grupo encontramos tres artículos relacionados con revisiones sistemáticas sobre el tema de evaluación del pensamiento computacional. De este conjunto de artículos se obtuvo la siguiente información:

- País donde se aplicó el estudio publicado: En este sentido nos damos cuenta que en Estados Unidos y España se enfocan en producir artículos relacionados con la evaluación del pensamiento computacional. Sin embargo, es interesante que en la mayoría de los continentes existen trabajos relacionados con este tema. (Ver Fig. 5).
- Entorno de programación utilizado: 18 artículos registran una herramienta de programación. Encontramos algunas aplicaciones como Scratch o Alice and Robotic tools.

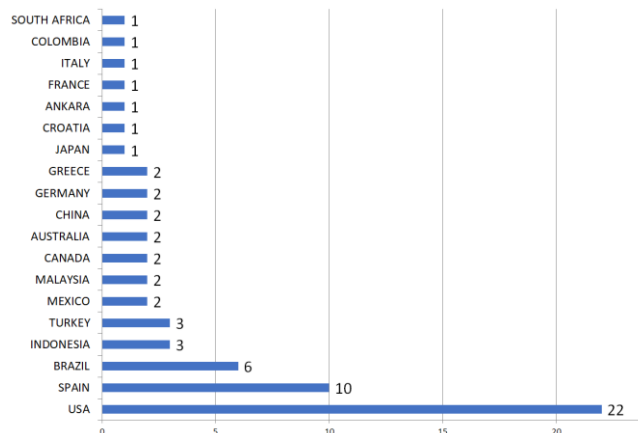


Fig. 5. Países donde se realizaron los artículos seleccionados

- En este grupo de artículos se realiza una revisión de los resúmenes, enfocando la búsqueda en identificar habilidades y formas de medir el pensamiento computacional. El número de habilidades que se tienen en cuenta en los proyectos es variable, las más frecuentes son: abstracción, descomposición, paralelismo, pensamiento lógico, sincronización, control y control de la computadora: Abstracción, descomposición, paralelismo, pensamiento lógico, sincronización, control de flujo, interactividad del usuario y representación de datos. Las formas de medir las habilidades de PC también son variadas: calificación manual, rúbrica, grabación de pantalla, análisis de código, diseño centrado en la evidencia (ECD), entrevista, cuestionarios. Herramienta web, rúbricas, reconocimiento de patrones, Bebras, proyectos robóticos. En la Fig. 6. vemos que las principales habilidades en las que centraremos la búsqueda en nuestro estudio fueron seleccionadas del estudio[2].

Fig. 6. Términos relevantes en las definiciones de PC[2]

- Cuántos sujetos participan en el estudio: En la figura 7 mostramos el número de participantes en los estudios, este valor es variable, de los datos encontrados, nos damos cuenta que entre 20 y 110 participantes es el valor promedio en los estudios.

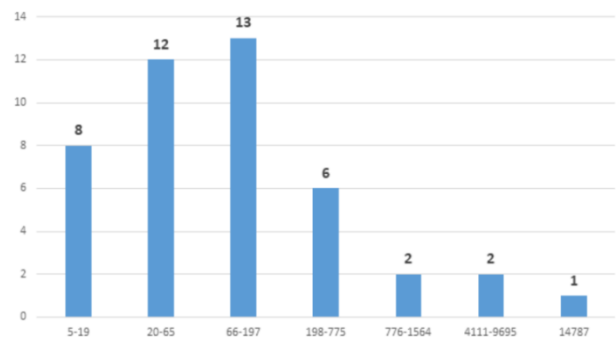


Fig. 7. Artículos por número de participantes en el estudio reportado.

- Tipo de metodología (cualitativa-cuantitativa): 8 artículos utilizaron una metodología cuantitativa y seis artículos utilizaron una metodología cualitativa
- El estudio aplica pre-test y post-test: 12 trabajos aplican pre-test y post-test.
- Uso de grupo de control en la etapa de validación: 6 artículos utilizan un grupo de control.

- Edad de los participantes en el estudio y nivel escolar en el que se aplican las actividades de evaluación: Se decide vincular estos ítems debido a que la edad o nivel escolar de los participantes no se evidencia en todos los trabajos. Se encuentran trabajos desde la educación inicial y en la educación secundaria, siendo este nivel donde se presentan más iniciativas. En la educación superior, el tema de evaluar este tipo de pensamiento ha comenzado a abordarse a nivel de pregrado y en cursos de formación docente, y también se encuentran estudios que se aplican en varios niveles al mismo tiempo. (Ver Fig. 8).

Fig. 8. Número de publicaciones por nivel educativo de los estudiantes involucrados en el estudio

3) Análisis semiautomático de los artículos

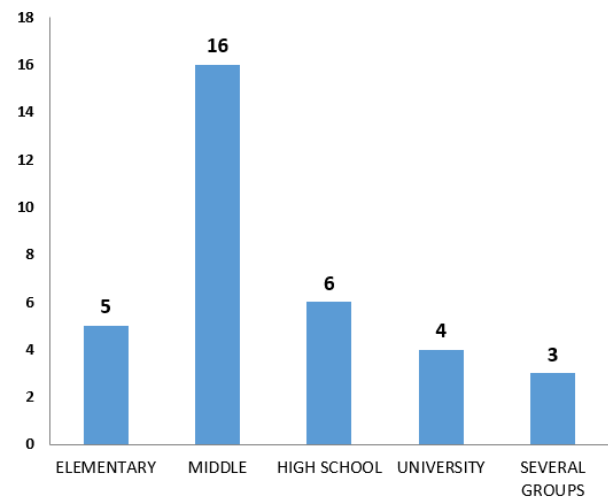
Las iniciativas de evaluación del pensamiento computacional centradas en el aula buscan una forma adecuada de medir el pensamiento computacional. Algunos estudios centran sus propuestas en desarrollar una evaluación integral del pensamiento computacional para la resolución de problemas mediante la aplicación de conceptos computacionales a través de una máquina o un agente humano. En el siguiente paso cuando se aplicó la revisión semiautomática. Buscamos en ciertas secciones de los artículos cada uno de los términos clave y, a partir de ahí, los clasificamos con las siguientes combinaciones:

- La palabra clave aparece en la sección de introducción y resultados: Nuestro criterio fue que si el término aparece en ambas secciones, el trabajo debe ser considerado porque es probable que haya alguna actividad o análisis relacionado con el mismo.
- La palabra clave aparece en la introducción y no en la sección de resultados: Si aparece únicamente al inicio del trabajo; es probable que no se realicen actividades o análisis que justifiquen su revisión si la idea es investigar el término específico.
- La palabra clave no aparece en la introducción y aparece en la sección de resultados: Son trabajos en los que no se aborda el término en particular, lo que ayuda a seleccionar qué trabajos debemos revisar.

La Tabla 3 muestra el número de artículos en los que aparece cada palabra clave. El resultado de esta tabla se relaciona con la literatura sobre la definición de pensamiento computacional, que en muchos casos se relaciona con la resolución de problemas, el manejo de la información y la abstracción como habilidades esenciales en este tipo de pensamiento. Asimismo, encontramos que la depuración y la simulación son habilidades que requieren mayor atención en la investigación.

TABLA 3. NRO. DE APARICIONES DE LOS TÉRMINOS CLAVE POR SECCIÓN

Pensamiento computacional : términos clave	Aparece en las secciones Introducción y Resultados	Aparece en Introducción y no aparece en Resultados	No aparece en Introducción y sí aparece en Resultados
Problema	27	34	2
Abstracción	21	31	3
Información	20	31	5
Lógica	18	31	6
Solución	16	33	2
Actuación	13	26	11
Resolver	12	34	2
Descomposición	12	27	3
algorítmico	12	34	5
Depurar	8	18	4
Simulación	7	27	5



En la Tabla 4 podemos ver los artículos más relevantes que contienen los términos clave en la sección de introducción y en la sección de resultados. [26] presenta una revisión relacionada con el diseño de tareas de evaluación para generar evidencia aplicando patrones de diseño. Proponen una plantilla útil para obtener evidencia. Presentan "cuatro prácticas básicas de pensamiento computacional":

- Analizar los efectos de los desarrollos en computación.
- Analizar su trabajo y el trabajo de otros.
- Diseñar y aplicar abstracciones y artefactos.
- Diseñar e implementar soluciones y artefactos creativos.

Cada práctica básica establece actividades para evaluar las habilidades de pensamiento computacional, centrándose en el diseño centrado en la evidencia y los patrones de diseño. En su sitio web (www.pact.sri.com), los autores presentan versiones actualizadas de este trabajo.

En [27] se presenta una propuesta para la evaluación holística del pensamiento computacional, aplicando

instrumentos de evaluación con identificadores que resultan de aplicar un estudio Delphi difuso. El ámbito de este estudio fue la educación superior. El marco conceptual que resulta de este estudio tiene tres áreas:

- Habilidades (abstracción, pensamiento algorítmico, descomposición, depuración, evaluación y generalización).
- Actitudes (Resolución de problemas, trabajo en equipo y comunicación).
- Inteligencia espiritual (autoconciencia, integridad y razonamiento creativo).

TABLA 4. PUBLICACIONES QUE MUESTRAN TÉRMINOS CLAVE EN LA INTRODUCCIÓN Y LOS RESULTADOS.

Publicación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
[26]	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
[28]	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
[16]	X		X	X	X	X	X		X	X	
[30]	X	X	X	X			X	X	X		X
[31]	X	X	X	X		X	X	X	X		
[32]	X		X	X		X	X	X	X		
[22]	X	X	X	X		X			X	X	
[33]	X	X	X	X	X		X		X		
[34]	X	X	X	X	X	X		X			
[35]	X			X			X	X		X	
[36]	X		X	X			X	X	X		
[37]	X		X	X			X	X		X	
[38]			X	X			X	X	X	X	

Fuente: Elaboración propia

Nota: los números en las columnas equivalen a los siguientes términos:

1. Problema
2. Resolver
3. Solución
4. Abstracción
5. Simulación
6. Descomposición
7. Información
8. Algorítmico
9. Lógica
10. Depuración
11. Rendimiento

Los términos clave en las definiciones de pensamiento computacional y herramientas de evaluación del pensamiento computacional aparecen en los artículos de diferentes maneras, en la Tabla 5 y la Tabla 6 presentamos en cuántas publicaciones no aparecen los términos y herramientas clave. La depuración, la simulación y la descomposición tienen la puntuación más alta, seguramente esto se debe a que la depuración y la simulación están relacionadas con actividades, entornos y conocimientos particulares, y pocas escuelas

implementan acciones para aplicarlas. La descomposición es un caso particular; Creemos que este concepto se aplica en las actividades del aula y está relacionado con la abstracción. En cuanto a las herramientas para evaluar el pensamiento computacional no aparece en la Introducción y los Resultados, la Tabla 6 muestra que la adecuación del currículo es una tarea que realizan muchas instituciones educativas relacionándolo con actividades de programación aplicando programación basada en bloques y realizando prácticas con robótica. Un aspecto importante es que las experiencias escolares utilicen rúbricas y diseño de juegos. Es interesante ver cómo se presenta en la literatura la aplicación de actividades desconectadas y la participación en programas como Bebras, convirtiéndose en una oportunidad de trabajo futuro.

TABLA 5. NRO. DE PUBLICACIONES DONDE LOS TÉRMINOS CLAVE NO APARECEN NI EN LA INTRODUCCIÓN NI EN LOS RESULTADOS

Términos relevantes de PC	No aparece ni en la introducción ni en los resultados
Depuración	38
Simulación	29
Descomposición	26
Resolver	20
Actuación	18
Solución	17
algorítmico	17
Abstracción	13
Lógica	13
Información	12
Problema	5

Fuente: Elaboración propia

TABLA 6. NRO. DE PUBLICACIONES DONDE LAS HERRAMIENTAS DE EVALUACION DEL PC NO APARECEN NI EN LA INTRODUCCIÓN NI EN LOS RESULTADOS

Herramientas de evaluación del PC	No aparece ni en la introducción ni en los resultados
Unplugged	51
Análisis del código	22
Papel y lápiz	22
Patrones de diseño	20
Habilidad cognitiva	19
Taxonomía SOLO	18
Bebras	17
Rúbrica	14
Juegos	13
Herramientas de evaluación	13
Instrumentos	12
Robótica	12
Codificación	12
Scratch	11
Plan de estudios	5

Fuente: Elaboración propia

IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN

Dentro del grupo de artículos que componen el pre-corpus. Encontramos algunos marcos de trabajo relacionados con la evaluación del pensamiento computacional. Uno de los objetivos de este trabajo fue establecer una relación entre los

marcos y los términos representativos relacionados con la definición de pensamiento computacional: problema, solución, abstracción, simulación, descomposición, pensamiento algorítmico, lógica, depuración y rendimiento. El nivel de apropiación se verificó revisando los artículos en la sección donde se definieron las actividades para evaluar el pensamiento computacional. El detalle de las actividades presentadas en el documento también fue un factor esencial para determinar el nivel de apropiación. De esta revisión encontramos que algunos presentaban ejemplos detallados y otros se referían a la acción o concepto de manera superficial. La Tabla 7 muestra el resultado del nivel de apropiación de los términos representativos propuesto en [2] dentro de los marcos de trabajo relacionados con la evaluación del pensamiento computacional.

TABLA 7. RELACIÓN ENTRE LOS MARCOS DE EVALUACIÓN DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL Y LOS TÉRMINOS CLAVE DE LA DEFINICIÓN

Términos clave	[39]	[30]	[20]	[40]
Problema	HA	HA	HA	HA
Resolver	NA	PA	NA	NA
Solución	HA	PA	HA	HA
Abstracción	HA	HA	PA	NA
Simulación	HA	NA	HA	NA
Descomposición	HA	PA	NA	NA
Información	HA	HA	NA	PA
Algorítmico	HA	HA	NA	NA
Lógica	HA	NA	NA	NA
Depurar	HA	NA	HA	NA
Actuación	HA	PA	PA	PA

Fuente: Elaboración propia

Nota:

(HA) Muy apropiado: Aparece en la parte teórica del documento y de las actividades propuestas.

(PA) Parcialmente apropiado: Utilizado en el documento en las actividades propuestas.

(NA) No procede: No se encuentra su aplicación o no está definida claramente en el documento.

En el marco de trabajo presentado en [28], es evidente que su propuesta exhibe un mayor nivel de abstracción que las demás. Podríamos considerarlo un modelo, susceptible de ser aplicado en un medio natural. En la Fig. 9 mostramos la relación entre los tres elementos de este análisis de triangulación. Pretendemos orientar la búsqueda de detalles relevantes que nos permitan proponer una aproximación integral a la medición del pensamiento computacional. Esta revisión comienza con algunas preguntas presentadas en la sección III, intentamos responder preguntas de interés demográfico y académico. Las preguntas RQ1, RQ4 y RQ5 involucran datos demográficos expuestos en los artículos revisados podemos ver que en los últimos años ha surgido un interés en la comunidad científica por identificar estrategias que permitan evaluar integralmente el pensamiento computacional en la escuela. Orientar este proceso hacia la enseñanza de la programación es una estrategia común en los estudios

revisados. Su aplicación en la educación primaria también es una práctica común donde la resolución de problemas aplicando procesos de abstracción, descomposición y pensamiento lógico sigue siendo una tendencia en las prácticas o actividades que registran los estudios. Las preguntas RQ2, RQ3, RQ6, RQ7 están relacionadas con el contenido de cada artículo y su uso en la comunidad científica hay seis artículos con muchas citas el artículo [20] es claramente el más citado con 1324 citas. Formular marcos de trabajo para evaluar el pensamiento computacional permite tener una referencia sobre cómo evaluarlo en la escuela; se encontraron cuatro marcos de trabajo [29], [30], [20] y [28] sin embargo, su aplicación no fue evidente en los demás estudios revisados.

Al final de la revisión encontramos que existen algunos conceptos relacionados con la definición de pensamiento computacional que se pueden analizar con mayor detalle para identificar si es posible aplicarlos en procesos de evaluación de manera individual o integrarlos con aquellos que se aplican con mayor frecuencia en la escuela, por ejemplo trabajos futuros relacionados con la depuración, la simulación y la descomposición. Existe una gran variedad de estudios sobre la evaluación del PC. Sin embargo, pocos de estos estudios aplican métodos sistemáticos para validar las propuestas. Estos resultados implican un proceso riguroso para obtener nuevos conocimientos científicos a partir de datos empíricos. Por lo tanto, se necesita investigación empírica y métodos asociados para mejorar esta área de investigación.

En las publicaciones consideradas para este estudio, la depuración, la simulación y la descomposición aparecen como los aspectos menos trabajados en la evaluación del PC, lo que se convierte en un gran reto para la educación porque implica diseñar actividades que tengan en cuenta competencias específicas. Recurrentemente, un estudiante descompone un problema complejo para entenderlo y construir una solución, los niños simulan si la solución funciona conceptualmente usando algún modelo mental, metáfora, fórmula o escenario, luego los niños la ejecutan usando un lenguaje de programación o una estrategia inconexa. Si algo falla, los niños depuran la solución hasta que funciona bien, este es un aspecto que requiere más estudio y también puede asociarse con el reconocimiento de patrones.

V. IMPACTO

Para educadores: Muchos docentes se han interesado por el desarrollo del pensamiento computacional en la escuela, como expresamos en nuestro artículo. La cantidad de propuestas respecto a la definición de este tipo de pensamiento puede resultar confusa para muchos docentes, y buscar la mejor manera de evaluarlo también se convierte en una tarea que en ocasiones se vuelve complicada, nuestra propuesta busca aplicar un enfoque diferente respecto a la definición de PC. , no definiendo un texto como concepto,

pero a partir de los términos representativos es posible identificar cuál sería el enfoque más adecuado para planificar una actividad de clase o un plan de trabajo en la escuela.

Para estudiantes: Se encontraron experiencias de trabajo que muestran cómo desarrollar el pensamiento computacional en la escuela. Las instituciones educativas donde se forman los docentes han iniciado el camino de formar docentes que puedan desarrollar este tipo de pensamiento en los niños y adolescentes en la escuela. Comprender qué habilidades se relacionan con el PC y cómo los estudiantes pueden desarrollarlas y aplicarlas en su vida es un desafío para la educación, las prácticas en el aula son fundamentales para lograr este propósito. Este tipo de investigación les permitirá contar con información seleccionada y precisa sobre aspectos específicos de evaluación y definición del pensamiento computacional, sobre los cuales podrán profundizar o complementar en su proceso de formación.

Para los administradores educativos: Las personas que dirigen la educación pueden ver en este tipo de investigaciones una oportunidad de acceder a información que les permita proponer estrategias, planes y programas educativos pertinentes que favorezcan el desarrollo de este tipo de pensamiento. Estas iniciativas pueden desarrollarse en grupos focales o pilotos, donde un grupo de instituciones y/o docentes se involucren en la aplicación de enfoques para el desarrollo del pensamiento computacional que no solo busquen desarrollar habilidades de programación sino que tengan en cuenta otras herramientas no computacionales.

Para Investigadores: el proceso de búsqueda y selección de los artículos pretendió ser lo más adecuado posible. Se consideró que los títulos de los artículos estaban correctamente definidos y que la estructura de los artículos sigue un esquema básico que permite la búsqueda de los términos dentro del texto. El resultado de este proceso, combinando la aparición de los términos y su ubicación, ofrece a los investigadores un conjunto de trabajos representativos que pueden tomar como referencia para sus investigaciones (ver Tabla 2). Y les puede facilitar hacer una revisión más exhaustiva de estos artículos representativos.

VI. VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Complementando la búsqueda inicial con la estrategia bola de nieve se obtuvieron nuevas publicaciones, de las cuales obtuvimos información demográfica complementaria a los aspectos técnicos. Por ejemplo, conocer información sobre los niveles educativos y los países donde más se han propuesto modelos, estrategias o actividades para la evaluación del pensamiento computacional, proporciona a los investigadores información valiosa a la hora de definir o dirigir su investigación. Fue especial el uso de una

herramienta informática que de manera semiautomática nos proporcionaba información sobre la ubicación de términos específicos dentro de los artículos elegidos. Contamos con un grupo de artículos que, de cara a este análisis, constituyen una base de conocimiento que busca acercar a los investigadores o educadores precisamente a experiencias que puedan contribuir a su trabajo. Por ejemplo, tener información sobre los artículos que desarrollan en su contenido los términos más representativos relacionados con las definiciones de pensamiento computacional, así como la información presentada en relación a las herramientas o actividades utilizadas en la evaluación del pensamiento computacional, da una idea del enfoque que se puede dar a futuras investigaciones, en cuanto a fortalecer la aplicación de las herramientas más utilizadas o favorecer el desarrollo de experiencias con aquellas herramientas que no han sido frecuentemente aplicadas. Los catorce artículos más representativos constituyen un punto de partida que puede favorecer el desarrollo de nuevos proyectos sobre evaluación de PC. En cuanto a los términos clave, descubrimos que la depuración, la simulación y la descomposición podrían tenerse en cuenta para trabajos futuros sobre actividades de evaluación del pensamiento computacional.

VII. LISTADO DE ARTICULOS ANALIZADOS EN LA RSL

- A Systematic Mapping Study on Assessing Computational Thinking Abilities [31].
- Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences [32].
- An assessment method for a designerly way of computational thinking [33]
- An Exploration of Three-Dimensional Integrated Assessment for Computational Thinking [34].
- An Investigation of the Data Collection Instruments developed to Measure Computational Thinking [35].
- Analysis of item difficulties and students' computational thinking skills assessment bias on electrolyte and nonelectrolyte solutions: An applications of Many Facets [36].
- Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model [37].
- Analyze your Scratch projects with Dr. Scratch and assess your Computational Thinking skills [38].
- Application of Grey System Theory to Assessment of Computational Thinking Skills [39].
- Application of the Occupational Analysis of Computational Thinking-Enabled STEM Professionals as a Program Assessment Tool. [40].
- Approaches to Assess Computational Thinking Competences Based on Code Analysis in K-12 Education: A Systematic Mapping Study [41].
- Assessing Algorithmic and Computational Thinking in K-12: Lessons from a Middle School Classroom [42].
- Assessing Computational Thinking in Students' Game

Designs [43]

--Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming [44].

--Assessment of Computational Thinking (CT) in Scratch Fractal Projects: Towards CT-HCI Scaffolds for Analogical fractal Thinking [45].

--Assessment of Computational Thinking [46].

--Assessment of Computational Thinking in K-12

--Context: Educational Practices, Limits and Possibilities - A Systematic Mapping Study [41].

--Assessment of Computational Thinking Notions in Secondary School [47].

--Cognitive Correlates of Computational Thinking Evaluation of a Blended Unplugged/Plugged-In Course [48].

--Comparing Computational Thinking Development Assessment Scores with Software Complexity metrics [49].

--Complementary Tools for Computational Thinking Assessment [50].

--Computational Thinking as a Practice of Representation: A Proposed Learning and Assessment Framework [30].

--Computational thinking development and assessment through tabletop escape games [51].

--Computational Thinking in Educational Activities an evaluation of the educational game Light-Bot [22].

--Computational thinking task design and assessment [52].

--Concepts characterization and competence assessment for Computational Thinking [53].

--CS4Impact: Measuring Computational Thinking Concepts Present in CS4HS Participant Lesson Plans [54].

--Development and assessment of computational thinking A methodological proposal and a support tool [55].

--Development of a Lean Computational Thinking Abilities Assessment for Middle Grades Students [56].

--Exploring Computational Thinking Assessment in Introductory Programming Courses [57].

--Flexible Assessment in Digital Teaching-Learning Processes: Case Studies via Computational Thinking [58].

--HelloScratchJr.org: Curricular Design and Assessment Tools to Foster the Integration of ScratchJr and Computational Thinking into K-2 Classrooms [59].

--Holistic Assessment of Computational Thinking for Undergraduate: Reliability and Convergent Validity [60].

--How Many Abilities Can We Measure in Computational Thinking? A Study on Bebras Challenge [61].

--Improving Assessment of Computational Thinking Through a Comprehensive Framework [28].

--Integrating STEM and Computing in PK-12: Operationalizing Computational Thinking for STEM Learning and Assessment [62].

--Interactive Assessment Tools for Computational Thinking in High School STEM Classrooms [63].

--Interpretation of computational thinking evaluation results for enrollment prediction [64].

--Learning Analytics on the Gamified Assessment of Computational Thinking [65].

--Measurement of Computational Thinking in K-12 Education: The Need for Innovative practice [66].

--Measuring student computational thinking in engineering and mathematics: Development and validation of a nonprogramming assessment [67].

--New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking [68].

--Not the same: a text network analysis on computational thinking definitions to study its relationship with computer programming [2].

--Practicing Formative Assessment for Computational Thinking in Making Environments [69].

--Real Time Assessment of Computational Thinking [70].

--Relationship between computational thinking and a measure of intelligence as a general problem-solving ability [71].

--Relationship of knowledge to learn in programming methodology and evaluation of computational thinking [72].

--Review of Computational Thinking Assessment in Higher Education [27].

--Scratch Analysis Tool(SAT): A Modern Scratch Project Analysis Tool based on ANTLR to Assess Computational Thinking Skills [73].

--Systems of Assessments for Deeper Learning of Computational [74].

--Task-based assessment of students' computational thinking skills developed through visual programming or tangible coding environments [75].

--The assessment of mobile computational thinking [76].

--The Measurement of Computational Thinking Performance Using Multiple-choice Questions [77].

--The Role of Evidence Centered Design and Participatory Design in a Playful Assessment for Computational Thinking [78].

--The State of the Field in Computational Thinking Assessment [9].

--The Zones of Proximal Flow: Guiding Students Through a Space of Computational Thinking Skills and Challenges [79].

--To Assess or Not to Assess: Tensions Negotiated in Six Years of Teaching Teachers about Computational Thinking [80].

--Using Robotics and Game Design to Enhance Children's Self- Efcacy, STEM Attitudes, and Computational Thinking Skills [81].

VIII. REFERENCIAS

- [1] J. M. Wing, Computational thinking, vol. 49. 2006.
- [2] J. Moreno, G. Robles, M. Román, y J. D. Rodríguez, «No es lo mismo: un análisis de red de texto sobre definiciones de pensamiento computacional para estudiar su relación con la programación informática», RIITE, dic. 2019, doi: 10.6018/riite.397151.
- [3] A. Yadav, H. Hong, y C. Stephenson, «Computational Thinking for All: Pedagogical Approaches to Embedding 21st Century Problem Solving in K-12 Classrooms», 2016, doi: 10.1007/s11528-016-0087-7.
- [4] S. Furber, Shut Down or Restart? The Way Forward for Computing in UK Schools. 2012.
- [5] P. J. Denning, «The Profession of IT: Beyond Computational Thinking», Commun. ACM, vol. 52, n.o 6, pp. 28-30, 2009, doi: 10.1145/1516046.1516054.

- [6] D. Hemmendinger, «A Plea for Modesty», *ACM Inroads*, vol. 1, n.o 2, pp. 4-7, jun. 2010, doi: 10.1145/1805724.1805725.
- [7] J. Krauss y K. Prottzman, *Computational Thinking and Coding for Every Student: the teacher's getting-started guide*. Corwin, 2016.
- [8] So What is Computational Thinking? *WORLD SCIENTIFIC (EUROPE)*, 2017. doi: 10.1142/9781786341853_0013.
- [9] M. Tissenbaum et al., «The state of the field in computational thinking assessment», en *Proceedings of International Conference of the Learning Sciences, ICLS, International Society of the Learning Sciences*, ene. 2018, pp. 1304-1311. Accedido: 28 de junio de 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.scholars.northwestern.edu/en/publications/the-state-of-the-field-in-computational-thinking-assessment>
- [10] D. Weintrop et al., «Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms», *Journal of Science Education and Technology*, vol. 25, pp. 127-147, feb. 2016, doi: 10.1007/s10956-015-9581-5.
- [11] S. Basu, J. S. Kinnebrew, y G. Biswas, «Assessing Student Performance in a Computational-Thinking Based Science Learning Environment», en *Intelligent Tutoring Systems*, en *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Cham, jun. 2014, pp. 476-481. doi: 10.1007/978-3-319-07221-0_59.
- [12] S. Grover, S. Cooper, y R. Pea, «Assessing computational learning in K-12», 2014. doi: 10.1145/2591708.2591713.
- [13] D. Lui, G. Jayathirtha, D. Fields, M. Shaw, y Y. Kafai, «Design considerations for capturing computational thinking practices in high school students' electronic textile portfolios», *International Society of the Learning Sciences, Inc. [ISLS]*, 2018.
- [14] M. Tissenbaum, J. Sheldon, L. Seop, C. Lee, y N. Lao, *Critical computational empowerment: Engaging youth as shapers of the digital future*. 2017, p. 1708. doi: 10.1109/EDUCON.2017.7943078.
- [15] N. Pinkard, S. Erete, C. K. Martin, y M. McKinney de Royston, «Digital Youth Divas: Exploring narrative-driven curriculum to spark middle school girls' interest in computational activities», *Journal of the Learning Sciences*, vol. 26, n.o 3, pp. 477-516, 2017.
- [16] E. Mustafaraj, M. Hoof, y B. Freisleben, «LARC: Learning to Assign Knowledge Roles to Textual Cases.», en *FLAIRS Conference*, 2006, pp. 370-375.
- [17] X. Tang, Y. Yin, Q. Lin, R. Hadad, y X. Zhai, «Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies», *Computers & Education*, vol. 148, p. 103798, abr. 2020, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103798.
- [18] S.-Y. Choi, «Review of Domestic Literature Based on System Mapping for Computational Thinking Assessment», *The Journal of Korean Association of Computer Education*, vol. 22, n.o 6, pp. 19-34, 2019, doi: 10.32431/kace.2019.22.6.003.
- [19] D. Denyer y D. Tranfield, «Producing a systematic review», en *The Sage handbook of organizational research methods*, Thousand Oaks, CA: Sage Publications Ltd, 2009, pp. 671-689.
- [20] K. Brennan y M. Resnick, «New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking», en *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association*, Vancouver, Canada, 2012, pp. 1-25.
- [21] S. Atmatzidou y S. Demetriadis, «Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences», *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 75, pp. 661-670, 2016.
- [22] L. A. Gouws, K. Bradshaw, y P. Wentworth, «Computational thinking in educational activities: an evaluation of the educational game lightbot», en *Proceedings of the 18th ACM conference on Innovation and technology in computer science education*, 2013, pp. 10-15.
- [23] J. Moreno-León, G. Robles, y M. Román-González, «Dr. Scratch: Automatic Analysis of Scratch Projects to Assess and Foster Computational Thinking», *RED. Revista de Educación a Distancia*, n.o 46, pp. 1-23, 2015.
- [24] G. Chen, J. Shen, L. Barth-Cohen, S. Jiang, X. Huang, y M. Eltoukhy, «Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming», *Computers & Education*, vol. 109, pp. 162-175, 2017, doi: 10.1016/j.compedu.2017.03.001.
- [25] L. Werner, J. Denner, S. Campe, y D. C. Kawamoto, «The Fairy Performance Assessment: Measuring Computational Thinking in Middle School», en *Proceedings of the 43rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, en *SIGCSE '12*. New York, NY, USA: ACM, 2012, pp. 215-220. doi: 10.1145/2157136.2157200.
- [26] M. Bienkowski, E. Snow, D. Rutstein, y S. Grover, «Assessment design patterns for computational thinking practices in secondary computer science: A first look», *SRI International*, 2015.
- [27] D. E. Sondakh, «Review of Computational Thinking Assessment in Higher Education», *Retrieved May*, vol. 29, p. 2019, 2018.
- [28] D. Basso, I. Fronza, A. Colombi, y C. Pahl, «Improving Assessment of Computational Thinking Through a Comprehensive Framework», en *Proceedings of the 18th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, en *Koli Calling '18*. New York, NY, USA: ACM, 2018, p. 15:1-15:5. doi: 10.1145/3279720.3279735.
- [29] S. Grover, M. A. Bienkowski, S. Basu, M. Eagle, N. Diana, y J. C. Stamper, «A framework for hypothesis-driven approaches to support data-driven learning analytics in measuring computational thinking in block-based programming», en *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference*, Vancouver, BC, Canada, March 13-17, 2017, M. Hatala, A. Wis, P. Winne, G. Lynch, X. Ochoa, I. Molenaar, S. Dawson, S. Shehata, y J. P.-L. Tan, Eds., ACM, 2017, pp. 530-531. [En línea]. Disponible en: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=3029440>
- [30] C. Vieira, A. Magana, M. Penmetcha, y E. Matson, «Computational Thinking as a Practice of Representation: A Proposed Learning and Assessment Framework», *JOCSE*, vol. 7, n.o 1, pp. 21-30, abr. 2016, doi: 10.22369/issn.2153-4136/7/1/3.
- [31] A. L. S. O. de Araujo, W. de L. Andrade, y D. D. S. Guerrero, «A systematic mapping study on assessing computational thinking abilities», en *2016 IEEE Frontiers in Education Conference, FIE 2016*, Eire, PA, USA, October 12-15, 2016, IEEE Computer Society, 2016, pp. 1-9. doi: 10.1109/FIE.2016.7757678.
- [32] S. Atmatzidou y S. N. Demetriadis, «Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences», *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 75, pp. 661-670, 2016, doi: 10.1016/j.robot.2015.10.008.
- [33] E. B. Öksüz y G. Çağdaş, «An assessment method for a designerly way of computational thinking», *AZ*, vol. 17, n.o 2, pp. 199-208, 2020, doi: 10.5505/itujfa.2020.86729.
- [34] B. Zhong, Q. Wang, J. Chen, y Y. Li, «An exploration of three-dimensional integrated assessment for computational thinking», *Journal of Educational Computing Research*, vol. 53, n.o 4, pp. 562-590, 2016.
- [35] H. I. Haseski y U. İlic, «An investigation of the data collection instruments developed to measure computational thinking», *Informatics in Education*, vol. 18, n.o 2, pp. 297-319, 2019.
- [36] R. R. Taufik, S. Mulyani, E. Susilowati, N. Y. Indriyanti, M. Ramli, y F. Nurhasanah, «Analysis of item difficulties and students' computational thinking skills assessment bias on electrolyte and non electrolyte solutions: An applications of Many Facets Rasch Model», *AIP Conference Proceedings*, vol. 2194, n.o 1, p. 020126, dic. 2019, doi: 10.1063/1.5139858.
- [37] H. Y. Durak y M. Saritepeci, «Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model», *Computers & Education*, vol. 116, pp. 191-202, ene. 2018, doi: 10.1016/j.compedu.2017.09.004.
- [38] J. Moreno-León, G. Robles, y others, «Analyze your Scratch projects with Dr. Scratch and assess your computational thinking skills», en *Scratch conference*, 2015, pp. 12-15.
- [39] M. G. Voskoglou, «Application of Grey System Theory to Assessment of Computational Thinking Skills», *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, p. 9, 2018.
- [40] J. Malyn-Smith y I. Lee, «Application of the occupational analysis of computational thinking-enabled STEM professionals as a program assessment tool», *Journal of Computational Science Education*, vol. 3, n.o 1, pp. 2-10, 2012.
- [41] N. D. C. Alves, C. G. Von Wangenheim, y J. C. Hauck, «Approaches to assess computational thinking competences based on code analysis in K-12 education: A systematic mapping study», *Informatics in Education*, vol. 18, n.o 1, p. 17, 2019.
- [42] S. Grover, «Assessing algorithmic and computational thinking in K-12: Lessons from a middle school classroom», en *Emerging research, practice, and policy on computational thinking*, Springer, 2017, pp. 269-288.
- [43] L. H. M. Pacheco, C. G. von Wangenheim, y N. da C. Alves, «Assessment of Computational Thinking in K-12 Context: Educational Practices, Limits and Possibilities - A Systematic Mapping Study», en *CSEDU*, 2019. doi: 10.5220/0007738102920303.

- [44] «Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming - ScienceDirect». <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131517300490> (accedido 20 de febrero de 2018).
- [45] L. Chien-Sing y J. Bo, «Assessment of Computational Thinking (CT) in Scratch Fractal Projects: Towards CT-HCI Scaffolds for Analogical-fractal Thinking - CSEdu 2019», mayo de 2019. <http://insticc.org/node/TechnicalProgram/csedu/presentationDetails/77554> (accedido 28 de junio de 2019).
- [46] N. Bubica y I. Boljat, «Assessment of computational thinking», en CTE2018: International Conference on Computational Thinking Education 201, 2018.
- [47] J. Bilbao, E. Bravo, O. García, C. Varela, y C. Rebollar, «Assessment of Computational Thinking Notions in Secondary School», *Balt. J. Mod. Comput.*, 2017, doi: 10.22364/BJMC.2017.5.4.05.
- [48] K. Tsarava et al., «Cognitive correlates of computational thinking: Evaluation of a blended unplugged/Plugged-in course», en Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education, 2019, pp. 1-9.
- [49] J. Moreno-León, G. Robles, y M. Román-González, «Comparing computational thinking development assessment scores with software complexity metrics», en 2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), abr. 2016, pp. 1040-1045. doi: 10.1109/EDUCON.2016.7474681.
- [50] M. Román-González, J. Moreno-León, y G. Robles, «Complementary tools for computational thinking assessment», en Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education (CTE 2017), S. C. Kong, J. Sheldon, and K. Y. Li (Eds.), The Education University of Hong Kong, 2017, pp. 154-159.
- [51] D. Menon, M. Romero, y T. Viéville, «Computational thinking development and assessment through tabletop escape games», *International Journal of Serious Games*, vol. 6, n.o 4, Art. n.o 4, nov. 2019, doi: 10.17083/ijsg.v6i4.319.
- [52] L. Ructtinger y R. Stevens, «Computational thinking task design and assessment», *Scan: The Journal for Educators*, vol. 36, n.o 1, pp. 34-41, 2017.
- [53] J. Bilbao, O. García, C. Rebollar, E. Bravo, y C. Varela, «Concepts characterization and competence assessment for Computational Thinking», *International Journal of Computers*, vol. 03, may 2018, Accedido: 15 de septiembre de 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.iaras.org/iaras/home/cj/c/concepts-characterization-and-competence-assessment-for-computational-thinking>
- [54] H. Bort y D. Brylow, «CS4Impact: measuring computational thinking concepts present in CS4HS participant lesson plans», en Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science education, 2013, pp. 427-432.
- [55] A. D. F. Pérez y G. M. Valladares, «Development and assessment of computational thinking: A methodological proposal and a support tool», en 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), abr. 2018, pp. 787-795. doi: 10.1109/EDUCON.2018.8363311.
- [56] E. Wiebe, J. London, O. Aksit, B. W. Mott, K. E. Boyer, y J. C. Lester, «Development of a Lean Computational Thinking Abilities Assessment for Middle Grades Students», en Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, en SIGCSE '19. New York, NY, USA: ACM, 2019, pp. 456-461. doi: 10.1145/3287324.3287390.
- [57] A. L. S. O. Araujo, J. S. Santos, W. L. Andrade, D. D. S. Guerrero, y V. Dagiené, «Exploring computational thinking assessment in introductory programming courses», en 2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), oct. 2017, pp. 1-9. doi: 10.1109/FIE.2017.8190652.
- [58] A. Cardozo, C. Gayer, S. Cavalheiro, L. Foss, A. D. Bois, y R. Reiser, «Flexible Assessment in Digital Teaching-Learning Processes: Case Studies via Computational Thinking», *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, vol. 30, n.o 1, Art. n.o 1, nov. 2019, doi: 10.5753/cbie.sbie.2019.429.
- [59] J. C. Olabe, X. Basogain, y M. Olabe, «HelloScratchJr. org: Curricular design and assessment tools to foster the integration of ScratchJr and computational thinking into k-2 classrooms», Conferencia presentada en 7th international Scratch conference. Scratch ..., 2015.
- [60] D. E. Sondakh, K. Osman, y S. Zainudin, «Holistic Assessment of Computational Thinking for Undergraduate: Reliability and Convergent Validity», en Proceedings of the 2019 11th International Conference on Education Technology and Computers, en ICETC 2019. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, oct. 2019, pp. 241-245. doi: 10.1145/3369255.3369303.
- [61] A. L. S. O. Araujo, W. L. Andrade, D. D. S. Guerrero, y M. R. A. Melo, «How Many Abilities Can We Measure in Computational Thinking? A Study on Bebras Challenge», en Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, en SIGCSE '19. Minneapolis, MN, USA: Association for Computing Machinery, feb. 2019, pp. 545-551. doi: 10.1145/3287324.3287405.
- [62] S. Grover et al., «Integrating STEM and Computing in PK-12: Operationalizing Computational Thinking for STEM Learning and Assessment», 2020.
- [63] D. Weintrop et al., «Interactive Assessment Tools for Computational Thinking in High School STEM Classrooms», en Intelligent Technologies for Interactive Entertainment, D. Reidsma, I. Choi, y R. Bargar, Eds., en Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, Cham: Springer International Publishing, 2014, pp. 22-25. doi: 10.1007/978-3-319-08189-2_3.
- [64] A. Rojas-López y F. J. García-Peñalvo, «Interpretation of computational thinking evaluation results for enrollment prediction», en Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, en TEEM'19. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, oct. 2019, pp. 13-18. doi: 10.1145/3362789.3362803.
- [65] J. Montañó, C. Mondragón, H. Tobar-Muñoz, y L. Orozco, «Learning Analytics on the Gamified Assessment of Computational Thinking», en Data Analytics Approaches in Educational Games and Gamification Systems, A. Tlili y M. Chang, Eds., en Smart Computing and Intelligence. Singapore: Springer, 2019, pp. 95-109. doi: 10.1007/978-981-32-9335-9_5.
- [66] T. Djambong, V. Freiman, S. Gauvin, M. Paquet, y M. Chiasson, «Measurement of Computational Thinking in K-12 Education: The Need for Innovative Practices», en Digital Technologies: Sustainable Innovations for Improving Teaching and Learning, D. Sampson, D. Ifenthaler, J. M. Spector, y P. Isaías, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 193-222. doi: 10.1007/978-3-319-73417-0_12.
- [67] M. T. R. Duckett, «Measuring student computational thinking in engineering and mathematics: Development and validation of a non-programming assessment», 2020.
- [68] K. Brennan y M. Resnick, «New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking», 2012, [En línea]. Disponible en: http://web.media.mit.edu/kbrennan/files/Brennan_Resnick_AERA2012_CT.pdf
- [69] R. Hadad, K. Thomas, M. Kachovska, y Y. Yin, «Practicing Formative Assessment for Computational Thinking in Making Environments», *J Sci Educ Technol*, vol. 29, n.o 1, pp. 162-173, feb. 2020, doi: 10.1007/s10956-019-09796-6.
- [70] K. H. Koh, A. Basawapatna, H. Nickerson, y A. Repenning, «Real Time Assessment of Computational Thinking», en 2014 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC), jul. 2014, pp. 49-52. doi: 10.1109/VLHCC.2014.6883021.
- [71] K.-D. Boom, M. Bower, A. Arguel, J. Siemon, y A. Scholkmann, «Relationship between computational thinking and a measure of intelligence as a general problem-solving ability», en Proceedings of the 23rd annual ACM conference on innovation and technology in computer science education, 2018, pp. 206-211.
- [72] J. G.-P. Francisco y A. R. López, «Relationship of knowledge to learn in programming methodology and evaluation of computational thinking», 2016. doi: 10.1145/3012430.3012499.
- [73] Z. Chang, Y. Sun, T. Wu, y M. Guizani, «Scratch Analysis Tool(SAT): A Modern Scratch Project Analysis Tool based on ANTLR to Assess Computational Thinking Skills», en 2018 14th International Wireless Communications Mobile Computing Conference (IWCMC), jun. 2018, pp. 950-955. doi: 10.1109/IWCMC.2018.8450296.
- [74] S. Grover, R. Pea, y S. Cooper, «Systems of Assessments" for deeper learning of computational thinking in K-12», en Proceedings of the 2015 annual meeting of the American educational research association, 2015, pp. 15-20.
- [75] T. Djambong y V. Freiman, Task-Based Assessment of Students' Computational Thinking Skills Developed through Visual Programming or Tangible Coding Environments. International Association for the Development of the Information Society, 2016.

- Accedido: 21 de febrero de 2018. [En línea]. Disponible en: [https://eric.ed.gov/?q=\(measuring\)+AND+%e2%80%9ccomputational+thinking%e2%80%9d&id=ED571389](https://eric.ed.gov/?q=(measuring)+AND+%e2%80%9ccomputational+thinking%e2%80%9d&id=ED571389)
- [76] M. Sherman y F. Martin, «The assessment of mobile computational thinking», *J. Comput. Sci. Coll.*, vol. 30, n.o 6, pp. 53-59, jun. 2015.
- [77] Y. Mindetbay, C. Bokhove, y J. Woollard, «The measurement of Computational Thinking performance using multiple-choice questions», en *Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education*, 2019, pp. 176-179. Accedido: 15 de septiembre de 2020. [En línea]. Disponible en: <https://eprints.soton.ac.uk/432365/>
- [78] S. Basu, B. Disalvo, D. Rutstein, Y. Xu, J. Roschelle, y N. Holbert, «The Role of Evidence Centered Design and Participatory Design in a Playful Assessment for Computational Thinking About Data», en *Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 2020, pp. 985-991.
- [79] A. R. Basawapatna, A. Repenning, K. H. Koh, y H. Nickerson, «The zones of proximal flow: guiding students through a space of computational thinking skills and challenges», en *Proceedings of the ninth annual international ACM conference on International computing education research*, 2013, pp. 67-74.
- [80] D. Hickmott y E. Prieto-Rodríguez, «To assess or not to assess: Tensions negotiated in six years of teaching teachers about computational thinking», *Informatics in Education*, vol. 17, n.o 2, pp. 229-244, 2018.
- [81] J. Leonard et al., «Using robotics and game design to enhance children's self-efficacy, STEM attitudes, and computational thinking skills», *Journal of Science Education and Technology*, vol. 25, n.o 6, pp. 860-876, 2016.

René Fabián Zúñiga Muñoz has a Master's degree in Computing and is a Ph.D. student from the University of Cauca. He is a titular coordinator in the Instituto Tecnico Industrial de Popayán, and teacher in the University of Cauca. His research topics are the computational thinking in education, education STEAM and ITC in education.

Julio Ariel Hurtado Alegría received the degree in electronics and telecommunications engineering from the Universidad del Cauca, in 1997, the Specialist degree in software development processes from the Universidad San Buenaventura, in 2002, and the Ph.D. degree in computer science from the Universidad de Chile, in 2012. His research interests include development processes, architectures, and software reuse. In recent years, he has been researching the development of computational thinking and aspects related to process design and situational collaborative methods in different scenarios of software construction.

Gregorio Robles is a full professor at the Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Madrid, Spain. His research interests include free/open source software. Robles received his Ph.D. in empirical software engineering research on free/open source software from Universidad Rey Juan Carlos. He is a Senior Member of IEEE