

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2938>

Integración del pensamiento computacional: Diseño de artefactos por profesores de bachillerato para resolver tareas matemáticas

Integrating computational thinking: Artifacts design by high school teachers to solve mathematical tasks

Fernando Mejía Rodríguez

fernando.mejia@isceem.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8795-0161>

Instituto Superior de Ciencias de la Educación del Estado de México
Toluca – México

Alicia Dávila Gutiérrez

alicia.davila@isceem.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6591-0468>

Instituto Superior de Ciencias de la Educación del Estado de México
Toluca – México

María de los Ángeles Barrios Mendoza

angeles.barrios@isceem.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0008-7855-7630>

Instituto Superior de Ciencias de la Educación del Estado de México
Toluca – México

Artículo recibido: 24 de octubre de 2024. Aceptado para publicación: 06 de noviembre de 2024.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

El objetivo de este artículo es ilustrar el papel del pensamiento computacional en el diseño de artefactos por cuatro profesores de bachillerato para resolver tareas matemáticas, tanto con el uso de aplicaciones como de forma tradicional con lápiz y papel. Consideramos llevar un enfoque más instrumental al contexto de la enseñanza de las matemáticas en un ambiente rico en tecnología; es decir, a partir de una tarea, se implementaron varios artefactos y al mismo tiempo que se aprende matemáticas, se mejora el pensamiento computacional de los profesores. El diseño metodológico fue el estudio de caso (cualitativo), el instrumento aplicado fue la entrevista basada en artefactos y se realizó un análisis temático. Se propone un modelo que explica cómo diseñar artefactos para resolver tareas matemáticas en cinco pasos: enfrentar una tarea, investigar la parte matemática y matematizar, diseñar un artefacto e investigar la parte de las aplicaciones, verificarlo, y ampliar la tarea; y en tres ciclos: diseño, desarrollo y refinación.


Palabras clave: pensamiento computacional, artefacto, instrumento, profesor, tarea

Abstract

This paper's aim is to illustrate the role of computational thinking in the design of artifacts by four high school teachers to solve mathematical tasks, with the use of apps and the traditional way with pencil and paper. We considered bringing a more instrumental approach to the context of teaching mathematics in a technology-rich environment; so as, from a task, several artifacts were implemented and while mathematics is learned, the teachers' computational thinking is improved. The

methodological design was the case study (qualitative), the instrument applied was the interview based on artifacts and a thematic analysis was carried out. A model is proposed that explains how to design artifacts to solve mathematical tasks in five steps: face a task, investigate the mathematical part and mathematize, design an artifact and investigate the apps' part, verify it, and expand the task; and in three cycles: design, development and refinement.

Keywords: computational thinking, artifact, instrument, teacher, task

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Mejía Rodríguez, F., Dávila Gutiérrez, A., & Barrios Mendoza, M. de los Ángeles. (2024). Integración del pensamiento computacional: Diseño de artefactos por profesores de bachillerato para resolver tareas matemáticas. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (5), 4498 – 4519. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2938>

INTRODUCCIÓN

La pandemia del 2019 nos hizo reflexionar en lo educativo basado en la tecnología, esto debido a la experiencia que tuvimos con la enseñanza a distancia. Derivado de este interés, nos dimos a la tarea de analizar las investigaciones que abordan tanto la educación matemática como la tecnología, siendo las siguientes investigaciones las más relevantes. Bakker et al. (2023), aplicaron una encuesta, antes y durante la pandemia en 44 países, sobre las temáticas en las cuales debieran centrarse las investigaciones en educación matemática para la siguiente década, como resultado se obtuvieron ocho temas de mayor importancia, el número cinco refiere a la tecnología; la cual tiene un papel clave porque se relaciona con otras temáticas.

El marco de Programme for International Student Assessment (PISA – Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes) para matemáticas considera que, dado el aumento en las herramientas computacionales aplicables a la vida diaria, podría promover en los estudiantes de 15 años algunas habilidades como: “reconocimiento de patrones, diseño y uso de abstracciones, descomposición de patrones, determinación de qué herramientas informáticas (si las hay) podrían emplearse para analizar o resolver un problema y definir algoritmos como parte de una solución detallada” (OCDE, 2023, p. 20).

En México se tiene el registro de los estados del conocimiento de la investigación en educación matemática del 2012 al 2021 y se organizaron en cinco líneas temáticas, la cuarta se encarga del papel de las tecnologías en los procesos educativos dentro de los saberes específicos de la matemática (Palmas Pérez, 2024).

Dada la importancia de la tecnología, consultamos la enciclopedia de la educación matemática (Lerman, 2020) considera tres temas: el diseño tecnológico, que se enfoca a crear tareas para la enseñanza de la matemática; los tipos de tecnología, que analiza las herramientas para aprender la matemática como el ábaco o la computadora; y el pensamiento algorítmico, que ve a la tecnología más allá del uso de herramientas para aprender o enseñar las matemáticas, la asocia a una nueva forma de alfabetización.

El profesor de matemáticas en la era digital (Clark-Wilson et al., 2022) es un libro que documenta el impacto de la pandemia del coronavirus y subraya el papel del profesor con una mayor atención a la tecnología educativa que sirve de mediadora en la enseñanza y aprendizaje. Encontramos una reseña de dicho libro que resalta “la necesidad de una formación docente continua centrada en el enriquecimiento de los saberes docentes con conocimiento especializado que contribuya al desarrollo de escenarios pedagógicos potenciados con tecnología digital” (Castañeda, 2023, p. 279).

Para Grover (2018) los ciudadanos del siglo XXI deben tener cinco habilidades: pensamiento crítico, creatividad, colaboración, comunicación y pensamiento computacional (PC), entendiéndolo a este último como los procesos ejecutados por una máquina o una persona que tome ventaja de las cosas que hacen mejor las personas que las máquinas y las cosas que hacen mejor las máquinas que las personas, para diseñar sistemas o resolver problemas que una sola persona no podría o quisiera hacer (Wing, 2006).

Para que un profesor de cualquier asignatura pueda hacer una integración efectiva de la tecnología, debe tener tres conocimientos: del contenido, de lo pedagógico y de lo tecnológico. El modelo Technological Pedagogical Content Knowledge (Conocimiento del Contenido Pedagógico Tecnológico) (TPACK) “enfatisa cómo las conexiones entre la comprensión de los contenidos, la pedagogía y la tecnología de los profesores interactúan entre sí para producir una enseñanza eficaz” (Koehler et al., 2014, p. 101).

Schmid et al. (2024) realizaron una revisión de la literatura desde 2006 hasta el 2023 sobre publicaciones del modelo TPACK y encontraron que ha crecido linealmente, que está la necesidad de muchos profesores por integrar la tecnología en su enseñanza; pero también señalaron que hace falta aclarar lo que se entiende por conocimiento y que sería de utilidad tener investigaciones por disciplinas que puedan generar nuevos modelos.

Encontramos una investigación que reúne tres elementos: el modelo TPACK, las matemáticas y el PC (Helsa et al., 2023). La cual presenta resultados favorables, ya que existe una relación del modelo TPACK con las habilidades del PC de manera efectiva. El análisis de la información fue estadístico.

Encontramos aquí un nicho para realizar una investigación que cubra este vacío, buscar una explicación que vincula el uso de la tecnología de forma efectiva con las habilidades del PC, además de los trabajos matemáticos auténticos, con un diseño más interpretativo, que no busque generalidades sino particularidades que permitan explicar el fenómeno en una situación más específica.

Coincidimos con Buteau et al. (2019) en llevar un enfoque instrumental al contexto de la enseñanza de las matemáticas en un ambiente rico en tecnología; es decir, a partir de una actividad que tiene un objetivo matemático, se implementa un artefacto y al mismo tiempo se aprende matemáticas y mejora su PC. En este contexto se inscribe la presente investigación.

El objetivo de este artículo es ilustrar el papel del PC en el diseño de artefactos para cuatro profesores de bachillerato para resolver tareas matemáticas. En el 2023, los profesores participaron en un taller de 60 horas sobre el uso de la tecnología y la enseñanza de las matemáticas en bachillerato y se resolvieron 40 tareas matemáticas con herramientas tradicionales, como lápiz y papel, así como con herramientas digitales. Pensamos que la tecnología nos brinda artefactos para resolver ciertas actividades en la enseñanza de las matemáticas, pero no sustituyen al libro de texto, tampoco al profesor de matemáticas, mucho menos al conocimiento que deben aprender los estudiantes. Somos conscientes de que la tecnología no es la temática más urgente para la educación matemática, pero dada su practicidad en el día a día, estaríamos dejando pasar una oportunidad para aprovechar sus bondades.

La presente investigación aporta un modelo que explica cómo diseñar artefactos para resolver tareas matemáticas en cinco pasos: enfrentar una tarea, investigar la parte matemática y matematizar, diseñar un artefacto e investigar la parte de las aplicaciones, verificarlo, y ampliar la tarea; y en tres ciclos: diseño, desarrollo y refinación.

DESARROLLO

En este apartado desarrollamos dos asuntos teóricos, primero, el PC y dos de sus elementos, los algoritmos y el lenguaje de programación; segundo, el modelo que involucra a una parte importante del PC que es la programación, las fases para resolver una tarea, así como describir el enfoque instrumental de cómo crear artefactos para aprender o hacer matemáticas.

Pensamiento computacional

El PC es una frase que ha crecido en el buscador de Google en la última década, "se está convirtiendo cada vez más en parte de la conciencia dominante" (Grover, 2022, p. 18). Se concibe como una habilidad para todos, no exclusiva para los científicos de la informática; es más, los niños desde edades tempranas pueden desarrollarla (Wing, 2006).

Han existido experiencias con niños y el uso de computadoras, como el lenguaje LOGO que consistía en darle instrucciones a una tortuga que realizaba trazos en la pantalla y creaba figuras geométricas.

Papert (1971) consideraba a los niños como matemáticos jóvenes, apostó por utilizar la tecnología para desarrollar el pensamiento matemático de los niños.

En carreras como científico de datos, ingeniero de software, actuariario, matemático, profesor, entre otras, la idea de no alimentar su formación con el PC parece cada vez más lejana. De esta forma, para el creador de matemáticas no existe el PC "como un solo concepto aislado; los matemáticos usan una variedad de modos de pensamiento, no solo uno" (Knuth, 1981, p. 96).

El PC está alineado con la perspectiva de la resolución de problemas, donde los problemas pueden ser situaciones de la vida real (Lee et al., 2023). Una ventaja más de tener el PC y la resolución de problemas es que se puede buscar la generalización del proceso utilizado para resolver un problema específico, pero se puede aprovechar el poder del cálculo para abarcar más casos (Barr et al., 2011).

Uno de los objetivos de la ciencia es comprender el mundo real, para ello se generan modelos matemáticos de una situación que requieren una serie de pasos para realizar cálculos y repetirlos varias veces hasta encontrar una solución para satisfacer la situación inicial planteada (Mailund, 2021). Dicha situación puede descomponerse en situaciones menos complejas y llegar a soluciones parciales (Papert, 1971, p. 23). Este es el camino de la ciencia, intentar comprender una situación real, construir un modelo matemático, resolverlo en partes y juntarlas hasta abarcar la situación completa.

Después de tener el panorama general del PC pasamos a las definiciones. El primero en exponer esta frase fue Papert (1996), quien la definió como una forma de forjar ideas y usar computadoras para resolver problemas, lo que permitió a las personas analizar mejor los problemas y explicar las soluciones con mayor precisión. Existe una alta correlación entre el PC y la capacidad de resolución de problemas (Shen et al., 2020).

El PC "es pensar de forma recursiva. Es un procesamiento paralelo. Se está interpretando el código como datos y los datos como código" (Wing, 2006, p. 33). "Utiliza el razonamiento heurístico para descubrir una solución. Es planificar, aprender y programar en presencia de incertidumbre" (Wing, 2006, p. 34).

Al mismo tiempo, el PC "comparte con el pensamiento matemático las formas generales en que podemos abordar la resolución de un problema. [...] Comparte con el pensamiento científico las formas generales en que podríamos abordar la comprensión de la computabilidad, la inteligencia" (Wing, 2008, p. 3717).

El PC implica una serie de subhabilidades: "descomposición de problemas complejos en problemas familiares (descomposición de problemas), desarrollo de soluciones algorítmicas para los problemas (algoritmos) y captura de la simplicidad fundamental de un problema para desarrollar heurísticas rápidas que podrían conducir a una solución (abstracción)" (Yadav, Gretter, et al., 2017, p. 206).

Otras subhabilidades son: recopilación, análisis y representación de datos; automatización, que consiste en ejecutar algoritmos de forma automática; paralelización, que es llevar a cabo dos o más procesos al mismo tiempo; y simulación, que a través de un modelo analiza un sistema para imitarlo en un entorno controlado (Mouza, et al., 2017).

El PC es una habilidad "de pensamiento analítico que se basa en conceptos de la informática, pero es una habilidad fundamental utilizada y útil para todas las personas" (Yadav, Stephenson, et al., 2017, p. 56). El PC se puede desarrollar "en varios contextos de aprendizaje, tanto en aulas de las ciencias de la computación como en las que no lo son. Se puede enseñar a través de varios enfoques pedagógicos" (Grover, 2022, p. 22).

Para esta investigación, entendemos al PC como una habilidad para resolver problemas que tiene subhabilidades como: transformar un problema en otros pequeños; soluciones algorítmicas, enlistar una serie de pasos y acciones para un objetivo específico; y modelos para la vida real, que permitan traducir una situación real en lenguaje matemático o que permita identificar los cambios de algunas variables para modificar otras.

Para adentrarnos en el PC es necesario explicar algunos elementos que son parte de él como algoritmos y lenguaje de programación. Un algoritmo es “una descripción de cómo resolver un problema [que] debe ser lo suficientemente detallada como para que podamos seguirla sin tener que involucrar conjeturas” (Mailund, 2021, p. 5). Un algoritmo es “una abstracción de un procedimiento paso a paso para tomar datos y producir el resultado deseado” (Wing, 2008, p. 3718).

Crear algoritmos no es únicamente una habilidad científica, sino artística. “Hay pautas generales que podemos usar para abordar un problema computacional para desarrollar algoritmos y enfoques generales para organizar datos de manera que podamos manipularlos de manera eficiente” (Mailund, 2021, p. 5).

Después de tener el algoritmo adecuado para resolver un problema, tenemos que poder expresarlo en un lenguaje que entienda la computadora, “y luego cómo desarrollar los detalles que el algoritmo no especifica. Para elegir el lenguaje de programación, una vez más tiene numerosas opciones, todas con diferentes fortalezas y debilidades” (Mailund, 2021, p. 9). Es importante mencionar que un lenguaje de programación es “una abstracción de un conjunto de cadenas de palabras, cada una de las cuales, cuando se interpreta, produce algún cálculo” (Wing, 2008, p. 3718).

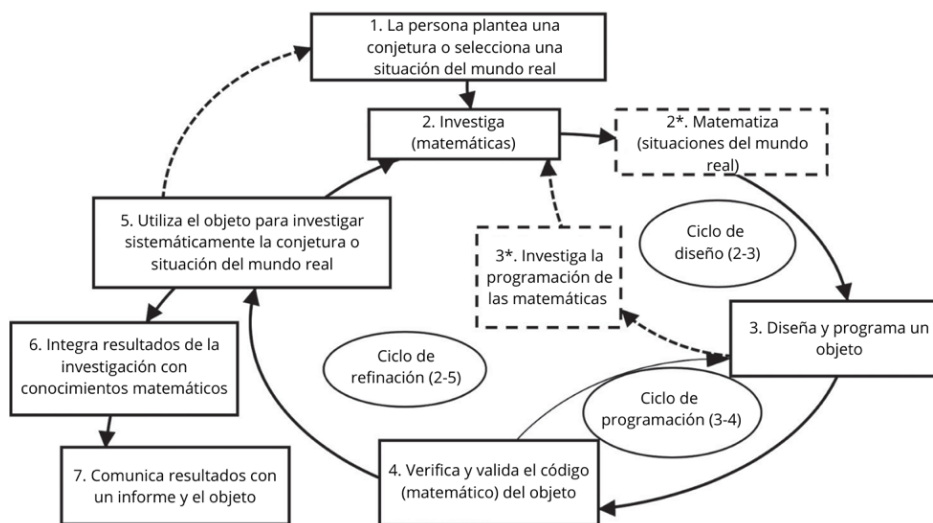
El PC va más allá de escribir algoritmos en un lenguaje de programación, ve al estudiante como creador y no como consumidor de conocimiento, porque considera que las matemáticas son “un proceso de participación a través del cual el estudiante gradualmente gana membresía en una comunidad (de matemáticos)” (Buteau, et al., 2018, p. 1174). En la misma lógica, “ser un matemático, como ser un poeta, un compositor o un ingeniero, significa hacer matemáticas, más que conocerlas o comprenderlas” (Papert, 1971, p. 1).

Procesos de desarrollo en una aplicación matemática

Buteau, et al. (2019) desarrollaron un modelo (Figura 1) para explicar cómo participan los estudiantes de matemáticas y los futuros profesores de matemáticas en un trabajo de proyecto de investigación matemática basado en programación (pura o aplicada). Retomaron ocho elementos como las tres dimensiones del PC (Brennan & Resnick, 2012): (1) conceptos computacionales, propios de la informática como bucles, paralelismo, etc.; (2) prácticas computacionales, probar proyectos y mejorarlos; y (3) perspectivas computacionales, las visiones del mundo; y las cinco fases para desarrollar un proyecto de investigación (Broley, 2015): (i) elección de un problema matemático, (ii) creación de un programa computacional, (iii) exploración matemática, (iv) evaluación y (v) comunicación de resultados.

Figura 1

Modelo del proceso de desarrollo de un estudiante que participa en la programación de una investigación o aplicación matemática



Una persona puede plantear una conjetura matemática o elegir una situación real (paso 1), delimitar un problema matemático (paso 2) o seleccionar, delimitar y matematizar una situación del mundo real (paso 2*) mientras busca un tema de investigación. Después diseñar y programar un objeto matemático (paso 3), que es un programa interactivo orientado a la investigación matemática con el que se logre pensar (Papert, 1980).

No siempre se logra el diseño del objeto a la primera, por lo que es conveniente requerir una mayor investigación del tema o de los procedimientos de programación (paso 3*), pero que inevitablemente implica un ciclo de depuración centrado en torno a la verificación y validación (paso 4) del código (matemático) del objeto.

La investigación está en curso con la utilización del objeto y pueden sufrir modificaciones y refinamientos adicionales, tanto la investigación, como el mismo objeto con el que se logre pensar (paso 5). De los hallazgos en la investigación matemática, el conocimiento de la persona se ajusta (paso 6) y comunica los resultados (paso 7).

Una distinción entre el proceso de los estudiantes de matemáticas y el proceso de los futuros profesores de matemáticas que vale la pena señalar es el punto de partida del compromiso: los primeros pueden comenzar una nueva dirección de investigación como resultado del uso del programa de otra persona, mientras que los segundos completan el trabajo y esperan a que se les imponga un tema para iniciar en el paso 1 o 2 del modelo.

El ciclo de diseño consiste en pasar de uno de los dos elementos: una conjetura matemática o una situación real, a la construcción de un objeto. Si es de una situación real será a través de la matematización, de ser de una conjetura matemática pasa directo a la construcción del objeto. Se investiga cómo escribir los cálculos o el flujo que debe seguir el objeto.

El ciclo de programación es un ir y venir entre el objeto y su código; es decir, una vez diseñado el objeto se escriben algoritmos en un lenguaje de programación que pueda satisfacer las condiciones iniciales y finales de la conjetura o de la situación real. Los programadores realizan varios intentos y pueden

descomponer un programa en partes de él que pueden monitorear para ver si efectivamente obtienen lo esperado.

El ciclo de refinación se da después de lograr el código del objeto. Se puede buscar un código más pequeño (otro camino dentro de las matemáticas), uno más rápido (más abstracto dentro de las matemáticas) o uno más eficiente (que gaste menos recursos de la computadora). También se analiza si la matematización fue adecuada o se cambia. Se revisa si el código fue planteado de forma correcta o puede mejorar. Finalmente se estudia al objeto para poder comprender y explicar la conjetura o la situación real.

Por otro lado, el enfoque instrumental descansa en la teoría de la actividad (Vygotsky, 1978). Considera que una persona involucrada en una actividad orientada por un objetivo puede interactuar con artefactos (productos de la actividad humana). A través de dichas interacciones, la persona puede desarrollar un instrumento, que comprende el artefacto o partes de él y un esquema de uso del artefacto. Vergnaud (1998) lo puede describir como:

$$\text{Instrumento} = \text{Artefacto (o partes de él)} + \text{Esquema}$$

Un esquema es una "Organización invariante de conducta para una determinada clase de situaciones" (Vergnaud, 1998, p. 229); es decir, son un conjunto de actividades que realiza una persona para alcanzar un objetivo dado. Tenemos esquemas para tomar algo con la mano, para sentarnos, para caminar, para bailar, entre otros.

Podemos clarificar esto con un ejemplo, se plantea una situación definida por un objetivo de la actividad de un alumno -resolver una ecuación cuadrática-. El alumno interactúa con artefactos para lograr el objetivo -una calculadora-. A través de dicha actividad, el alumno desarrolla un esquema -de uso de la calculadora- para su objetivo. Un esquema tiene cuatro componentes (Vergnaud, 1998): el objetivo de la actividad; las reglas de operación; las invariantes operacionales, como las proposiciones o conceptos relevantes; inferencias, ver cómo adaptar el esquema a la situación.

El PC también involucra la elaboración de artefactos, dicho pensamiento se utiliza para resolver problemas de diferentes contextos (Grover, 2022). El artefacto es dado y el instrumento es construido a través de algunas prácticas matemáticas, dicha génesis es un proceso complejo de dos procesos conectados: una instrumentación dirigida hacia la persona y una instrumentalización enfocada hacia el artefacto (Trouche, 2004).

En este mismo sentido, un artefacto no está listo para calcular, graficar, resolver problemas, enseñar o aprender. Para realizar dichas actividades se requiere por parte de la persona apropiarse del artefacto, para ello se pone en él, parte de uno mismo; es decir, hace falta lograr cierta personalización del artefacto a nuestras necesidades (Trouche & Drijvers, 2010).

La instrumentalización tiene tres etapas: una de descubrimiento, donde se busca tener una selección de las funciones relevantes; una de personalización, donde se adapta el artefacto a la persona; y una de transformación del artefacto, en ocasiones en caminos no contemplados por el diseñador (Trouche, 2004)

Para terminar este apartado, explicamos las cuatro etapas de la génesis instrumental de Buteau, et al. (2020) para la organización compleja de esquemas relacionados al uso de la programación para una investigación matemática auténtica: (1) Iniciación, el objetivo del profesor es que los alumnos aprendan a usar el software; (2) Exploración, el profesor les pide a los alumnos que inspeccionen el software con tareas matemáticas; (3) Reforzamiento, los alumnos ya saben utilizar el software pero tienen dificultades al realizar las tareas matemáticas, el profesor les brinda información sobre su conocimiento matemático; (4) Simbiosis, los alumnos dominan el conocimiento instrumental del

software y mejoran su conocimiento matemático, de tal suerte, que pueden resolver problemas con el software o sin él.

METODOLOGÍA

El paradigma en el que se inscribe la presente investigación es el constructivismo con enfoque cualitativo (Creswell & Creswell, 2018) y el diseño metodológico es estudio de caso (Yin, 2018). Se busca explorar y describir el PC de un grupo de profesores que enseñan matemáticas en bachillerato que participaron en un taller en el 2023 resolviendo tareas matemáticas, para resolver dichas tareas tuvieron que construir artefactos que evolucionaron en instrumentos de la mano de la tecnología. Con esta investigación no se busca proporcionar una receta que se puede repetir en otros contextos y tampoco queremos decir que la tecnología es el único camino para mejorar la educación matemática en bachillerato.

Estudio de caso

Elegimos el estudio de caso porque deseamos “comprender un caso del mundo real y suponer que dicha comprensión probablemente involucre condiciones contextuales importantes pertinentes a ese caso” (Yin, 2018, p. 45). Un caso podría formarse por un alumno, un profesor, el grupo de una escuela, la escuela, una zona escolar, una reforma, entre otras opciones.

Para esta investigación el caso consistió en un grupo de profesores que tomaron un taller de 60 horas en el 2023 con dos temas puntuales: el uso de la tecnología para resolver problemas y la enseñanza de las matemáticas en bachillerato. En total, 40 tareas matemáticas se plantearon a los profesores y las resolvieron por dos vías, la tradicional con lápiz y papel, y otra de la mano de la tecnología con el diseño de artefactos.

Las aplicaciones que se utilizaron en el taller fueron Excel, Chat GPT, Colaboratory, Geogebra, Goodnotes, Netlogo, Photomath, Python y Wolframalpha. Los dispositivos en donde ocurrieron dichas aplicaciones fueron en computadoras portátiles con Windows, iPad con iPadOS, teléfonos inteligentes con Android y iOS.

El grupo de profesores estuvo conformado por dos mujeres y dos hombres. Para respetar la información personal de los participantes utilizamos pseudónimos: Perla tenía tres años de servicio como profesora, Mónica dieciocho, Luis dos y Carlos doce. Se eligieron dos docentes con poca experiencia y dos con más años de servicio en la docencia, para poder observar tanto jóvenes profesores que saben utilizar la tecnología y profesores con experiencia para resolver problemas que, juntos nos podrían dar un panorama más general de lo que podría tener cada escuela en la actualidad.

Entrevista basada en artefactos

Como técnica para recabar la información utilizamos la entrevista basada en artefactos (Brennan & Resnick, 2012). Las preguntas aplicadas fueron pensadas en dos ámbitos: el primero, en la resolución de problemas como los pasos de la figura 1, cómo pasó de la tarea al lenguaje matemático, qué plan pensó para resolverla, qué intentos elaboró y cómo se percató de que llegó a la solución, entre otros; el segundo, en la construcción del artefacto o instrumento, qué aplicación pensó que le ayudaría a resolver la tarea, cómo funciona la aplicación, qué interacción tuvo con la aplicación, cómo diseñó el artefacto, entre otras.

Si consideramos que “un problema es una tarea para la cual una persona no sabe (inmediatamente) qué hacer para obtener una respuesta” (Lester, 2013, p. 247). Además, “Para que los estudiantes mejoren su capacidad para resolver problemas matemáticos, deben trabajar en tareas problemáticas de manera regular, durante un período de tiempo prolongado” (Lester, 2013, p. 272).

Retomando la sugerencia de dedicarle un tiempo prolongado a una tarea, decidimos plantear tareas que cumplieran con cuatro aspectos: que pudieran ser resueltas por diferentes caminos para llegar al mismo resultado, que se pudiera dividir en problemas menos abstractos, que se resolviera tanto de forma tradicional como con la ayuda de la tecnología y que pudieran invertir un tiempo considerable para resolverla.

Creamos 40 tareas con los cuatro aspectos. Debido al poco espacio para analizarlas, decidimos a manera de ejemplo mostrar una de ellas:

El primer término de una serie aritmética es 10, el sexto término es 7. ¿En qué término la sumatoria es igual a 84?

Una vez reunida la información con la entrevista basada en artefactos, se realizó un análisis temático (Saldaña, 2016). Que consistió en pasar de los datos de las transcripciones de las entrevistas a códigos, de los grupos de códigos a categorías. Un código es una etiqueta que representa la idea de un fragmento de texto de una transcripción de entrevista. Las categorías son grupos de códigos que tienen elementos en común y logran explicar algún tema en particular.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los cuatro profesores se organizaron dos equipos, en cada equipo se seleccionó uno con poca experiencia y otro con más experiencia en la docencia. Los equipos conformados quedaron integrados por Perla y Carlos, con tres y doce años de servicio; y por Mónica y Luis, con dieciocho y dos años frente a grupo. Se les solicitó resolver la tarea por dos caminos distintos.

Equipo de Perla y Carlos

Perla le preguntó al Chat GPT (figura 2) qué era una serie aritmética.

Figura 2

Respuesta del Chat GPT sobre la definición de una serie aritmética

ChatGPT

Una serie aritmética es una secuencia de números en la que la diferencia entre cualquier par consecutivo de términos es constante. Esta diferencia constante se llama la "razón" de la serie. Por ejemplo, la serie aritmética 2, 5, 8, 11, 14 tiene una razón de 3, ya que cada término se obtiene sumando 3 al anterior.

La fórmula general para el término n de una serie aritmética es:

$$a_n = a_1 + (n - 1)d$$

Donde:

- a_n es el término n de la serie,
- a_1 es el primer término de la serie,
- n es el número del término que se desea encontrar,
- d es la diferencia constante entre los términos.

Carlos calculó la diferencia.

$$d = \frac{7 - 10}{6 - 1} = -\frac{3}{5}$$

Perla revisó que se cumpliera para las condiciones dadas.

$$10, \frac{47}{5}, \frac{44}{5}, \frac{41}{5}, \frac{38}{5}, 7, \dots$$

Perla intentó resolver la tarea con el Chat GPT, pero no llegó a un resultado lógico. La inteligencia artificial de dicho chat todavía no puede resolver muchos problemas matemáticos. Esto no quiere decir que las computadoras jamás lo logren, estamos presenciando adelantos tecnológicos cada vez más grandes en poco tiempo.

Perla y Carlos decidieron escribir un algoritmo en Python (figura 3), primero que calculara los primeros nueve términos de la serie aritmética con la diferencia de $-3/5$.

Figura 3

Primer camino e intento de Perla y Carlos con Python

```

1 from fractions import Fraction
2 diferencia=Fraction(-3,5)
3 número=10
4 n=1
5 while n<10:
6     print(n,número)
7     n=n+1
8     número=número+diferencia

```

```

1 10
2 47/5
3 44/5
4 41/5
5 38/5
6 7
7 32/5
8 29/5
9 26/5

```

Se puede ver en las primeras ocho líneas el código escrito en lenguaje Python. La primera es para poder trabajar con fracciones, la segunda es para guardar en *diferencia* el valor de $-\frac{3}{5}$, la tercera es para indicar que el primer *número* de la serie es el 10, el valor de *n* guarda el número del término de la serie que se inicia en 1 en la cuarta línea. En la quinta línea se solicita un bucle; es decir, se da la condición que $n < 10$ y se repetirán las líneas 6, 7 y 8 en ese orden las veces necesarias. Como *n* vale 1 se imprime en pantalla el valor de *n* y enseguida el valor de *número*, que es lo que se muestra debajo de la octava línea 10. En la séptima línea se incrementa en una unidad el valor de *n* y en la octava el valor de *número* + *diferencia* se almacena en la variable *número*. Cabe señalar que, a diferencia de las matemáticas, en Python primero se realiza el cálculo del lado derecho del signo = y el valor de dicha operación se guarda en la variable que está a la izquierda del signo =. Este proceso se repite ocho veces más, las líneas 6, 7 y 8. Cuando $n = 10$ se sale del bucle y se termina el algoritmo.

Perla y Carlos tienen confianza en que llevan un buen avance para terminar la tarea porque coinciden sus cálculos con los arrojados por su algoritmo escrito en lenguaje de Python. Piensan en agregar una variable *suma* y que el valor de *n* pueda llegar hasta 30. Se puede ver en la figura 4 que funcionó y ahora el algoritmo arroja tres cantidades, *n*, *número* y *suma* en cada renglón.

Figura 4

Primer camino y segundo intento de Perla y Carlos con Python

```
1 from fractions import Fraction
2 diferencia=Fraction(10-7,5)
3 número=10
4 n=1
5 suma=0
6 while n<30:
7     suma=suma+número
8     print(n,número,suma)
9     n=n+1
10 número=número-diferencia
```

```
1 10 10
2 47/5 97/5
3 44/5 141/5
4 41/5 182/5
5 38/5 44
6 7 51
7 32/5 287/5
8 29/5 316/5
9 26/5 342/5
10 23/5 73
11 4 77
12 17/5 402/5
13 14/5 416/5
14 11/5 427/5
15 8/5 87
16 1 88
17 2/5 442/5
18 -1/5 441/5
19 -4/5 437/5
20 -7/5 86
21 -2 84
22 -13/5 407/5
23 -16/5 391/5
24 -19/5 372/5
25 -22/5 70
26 -5 65
27 -28/5 297/5
28 -31/5 266/5
29 -34/5 232/5
```

Se puede ver una línea con los siguientes tres elementos: 21 - 2 84, que significa que cuando $n = 21$, el *número* = -2 y la *suma* = 84 se resuelve la tarea, en el término 21 la sumatoria es 84.

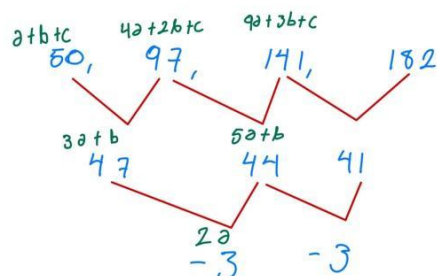
Después de llegar al resultado intentaron de forma tradicional llegar al mismo resultado. Ahora lo realizaron en el iPad de Carlos (figura 5). Primero escribieron todos los números como fracciones con denominador 5, después calcularon las sumas de los numeradores y con el método de segundas diferencias encontraron una expresión de segundo orden para encontrar dicha suma con respecto al valor de n . La expresión la igualaron con 420 que resultó de multiplicar 84 por 5. Encontraron dos soluciones, una fracción y otra con un valor entero, la solución adecuada fue la de 21. Esta solución coincide con el primer camino.

Figura 5

Segundo camino de Perla y Carlos con iPad (forma tradicional)

$$\frac{50}{5}, \frac{47}{5}, \frac{44}{5}, \frac{41}{5}, \frac{38}{5}, \frac{35}{5}, \dots$$

$$S = 84 = \frac{420}{5}$$



$$an^2 + bn + c$$

$$a = -\frac{3}{2} \quad b = \frac{103}{2} \quad c = 0$$

$$-\frac{3}{2}n^2 + \frac{103}{2}n$$

$$-2\left(-\frac{3}{2}n^2 + \frac{103}{2}n = 420\right)$$

$$3n^2 - 103n + 840 = 0$$

$$n = \frac{103 \pm \sqrt{529}}{6} = \frac{103 \pm 23}{6} \begin{cases} n_1 = 21 \\ n_2 = \frac{40}{3} \end{cases}$$

Equipo de Mónica y Luis

Luis investigó en WolframAlpha (figura 6) qué es una serie aritmética.

Figura 6

Respuesta de WolframAlpha de qué es una serie aritmética

Arithmetic series

$$\sum_{k=1}^n (a_1 + (k-1)d) = na_1 + \frac{1}{2}n((n-1)d)$$

Mónica calculó la diferencia.

$$7 = 10 + (6-1)d$$

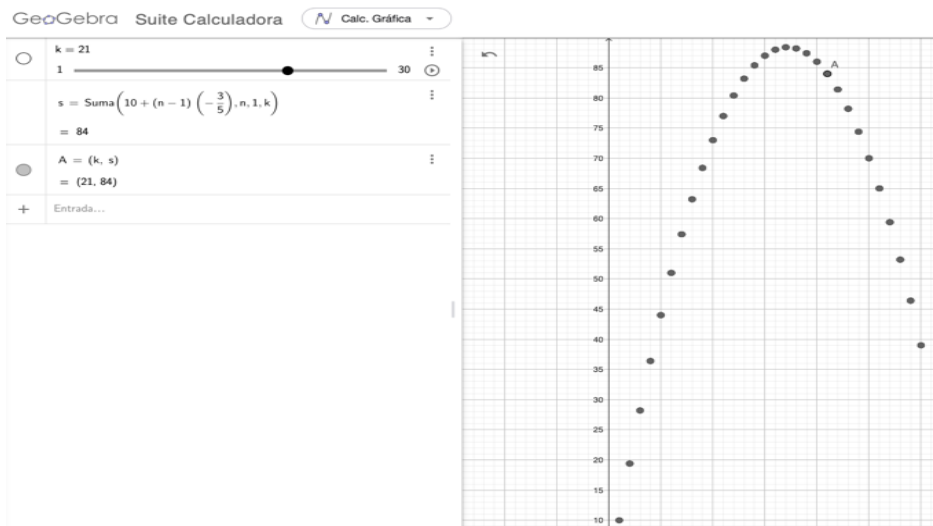
$$\frac{7-10}{6-1} = d$$

$$\frac{-3}{5} = d$$

Mónica y Luis abrieron GeoGebra (figura 7), agregaron un deslizador k que va desde 1 hasta 30 y después escribieron la fórmula de la sumatoria de la figura 6 y almacenaron el resultado en la variable s ($s = \text{Suma}(10 + (n - 1) \left(-\frac{3}{5}\right), n, 1, k)$). Ubicaron el punto A con coordenadas (k, s) dejando un rastro.

Figura 7

Primer camino de Mónica y Luis con GeoGebra



Se puede ver en el deslizador cuando $k = 21$, el valor de s es de 84. Terminaron la tarea y llegaron al mismo resultado que Perla y Carlos, pero no se quedaron con ese camino. Pensaron en realizarlo con Excel (figura 8). Primero definieron que los valores de las celdas serían fracciones, después escribieron en la celda $A1$ el valor de 10, en la celda $A2$ el valor de $47/5$ que resulta de restarle a 10 el valor de $3/5$, el programa escribió el equivalente que es $9\frac{2}{5}$. Después se seleccionaron las dos celdas $A1$ y $A2$, en la esquina inferior derecha se colocó el puntero del *mouse* y se arrastró hasta la celda $A30$, Excel llenó los números de la columna. En la columna B se escribieron dos fórmulas, la de $B1$ es $= \text{SUMA}(\$A\$1: A1)$ y la de $B2$ es $= \text{SUMA}(\$A\$1: A2)$; posteriormente se realizó lo mismo con la columna anterior, se seleccionaron dos celdas $B1$ y $B2$, se arrastró la esquina inferior derecha hasta la celda $B30$. Se concluye que para el término 21 la sumatoria es 84, igual que en los dos caminos anteriores se llegó al mismo resultado.

Figura 8

Segundo camino de Mónica y Luis con Excel

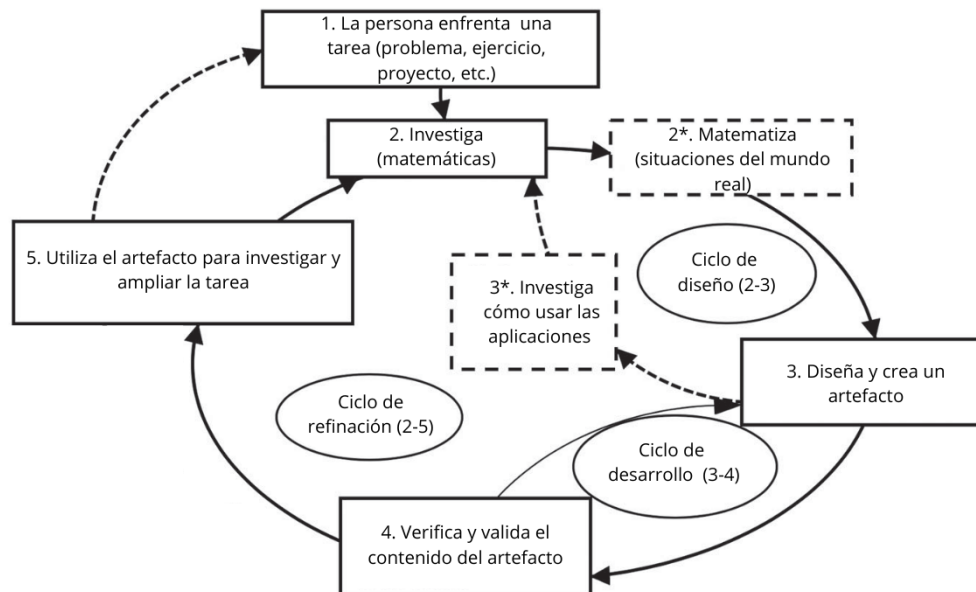
	A	B	C	D
1	10	10		
2	9 2/5	19 2/5		
3	8 4/5	28 1/5		
4	8 1/5	36 2/5		
5	7 3/5	44		
6	7	51		
7	6 2/5	57 2/5		
8	5 4/5	63 1/5		
9	5 1/5	68 2/5		
10	4 3/5	73		
11	4	77		
12	3 2/5	80 2/5		
13	2 4/5	83 1/5		
14	2 1/5	85 2/5		
15	1 3/5	87		
16	1	88		
17	2/5	88 2/5		
18	- 1/5	88 1/5		
19	- 4/5	87 2/5		
20	- 1 2/5	86		
21	- 2	84		
22	- 2 3/5	81 2/5		
23	- 3 1/5	78 1/5		
24	- 3 4/5	74 2/5		
25	- 4 2/5	70		
26	- 5	65		
27	- 5 3/5	59 2/5		
28	- 6 1/5	53 1/5		
29	- 6 4/5	46 2/5		
30	- 7 2/5	39		

En los cuatro caminos, los dos equipos; es decir, los cuatro profesores: Perla, Carlos, Mónica y Luis llegaron al mismo resultado, término 21. Aplicaron ChatGPT, Colaboratory, Python, WolframAlpha, GeoGebra, Excel y la forma tradicional. Sin importar el camino largo o corto llegaron al mismo resultado, les sirvió esta metaestrategia de resolver una misma tarea con dos caminos y llegar al mismo punto.

De la figura 1 se apreciaron la mayoría de los elementos y se comparte un modelo muy parecido con pequeños ajustes en la figura 9, abarcando más elementos tecnológicos no solamente la programación. La ventaja de este modelo es que permite ampliar el uso de artefactos para resolver problemas matemáticos, bajo cinco pasos y los mismos tres ciclos.

Figura 9

Modelo de diseño de artefactos para resolver tareas matemáticas



En el paso 1 de la figura 9 una persona se encuentra frente a una tarea que puede ser un problema, un ejercicio, un proyecto, una situación real o imaginaria que representa un reto cognitivo a ser resuelto (tarea del apartado 3.2). En el paso 2 busca información sobre algún tema matemático que no tiene presente (Perla indagó en el Chat GPT y Luis en WolframAlpha). Después de resolver las dudas sobre el conocimiento de contenido, matematizaron la tarea en el paso 2*; es decir, llevaron del lenguaje natural de la tarea al lenguaje matemático (encontraron la diferencia y calcularon los primeros términos con GeoGebra, Excel, Python y forma tradicional). Para el paso 3 se diseñó un artefacto (un algoritmo para escribir en lenguaje Python, una hoja de cálculo en Excel, una fórmula y un deslizador en GeoGebra y una ecuación cuadrática en la forma tradicional). El paso 3* consistió en saber cómo hacer sumas y usar fracciones en las aplicaciones (las dos primeras líneas de la figura 3 en Python, la función suma y el deslizador en la figura 7 en GeoGebra, las celdas en fracciones y arrastrar para llenar celdas en la figura 8 en Excel).

El paso 4 consiste en ver el avance para resolver la tarea, es tener resultados parciales para llegar a la solución final (los primeros 9 términos en la figura 3 en Python, la lista de los primeros 29 términos con su sumatoria en la figura 4 en Python, el deslizador con k desde 1 hasta 30 en la figura 7 en GeoGebra, las dos columnas con treinta renglones en la hoja de cálculo en la figura 8 en Excel, la sumatoria de los numeradores en la figura 5 en la forma tradicional). El paso 4 también se verifica cuando por dos caminos llegaron al mismo resultado (figuras 4 y 5, así como figuras 7 y 8). El paso 5 busca ampliar la tarea o investigar más sobre ella (la línea 6 de la figura 4 en Python se modifica y se pueden buscar más de 29 términos en Python, el deslizador se ajusta a un nuevo límite superior y se podrán calcular más de 30 términos en la figura 7 en GeoGebra, arrastrar y llenar más celdas en la figura 8 en Excel, igualar la ecuación cuadrática a un valor distinto de $(84)(5)$ en la figura 5 en la forma tradicional).

El ciclo de diseño se concentra en modelar una tarea a lenguaje matemático atendiendo las dudas matemáticas o de las aplicaciones. El ciclo de desarrollo parte del artefacto y revisa que cumpla con las condiciones iniciales y finales de la tarea, aquí se pueden plantear problemas más sencillos de resolver y la suma de ellos dará respuesta a la tarea compleja. El ciclo de refinación busca tener un

proceso más: corto, rápido, didáctico o fácil de explicar, realizando ajustes en la parte matemática o del artefacto.

Después de resolver varias tareas (modelo de la figura 9), podemos decir que el paso 5 motivará a que los artefactos lleguen a ser instrumentos porque la persona que enfrenta las tareas en el paso 1 ya tiene experiencia en el uso de artefactos, ya sabe cómo usarlos y ha construido varios; es decir, ha logrado generar esquemas que le ayudan a decidir cuál aplicación utilizar, cómo usarla con cierta destreza y repasar los artefactos elaborados previamente. Tiene destreza en las dos instrumentalizaciones, la de la persona y la del artefacto (Trouche & Drijvers, 2010).

Las evidencias mostradas sobre la resolución de una tarea con tecnología y sin ella permiten hablar de un PC desarrollado por los cuatro profesores, porque Perla, Carlos, Mónica y Luis lograron construir artefactos sin importar el contexto de las aplicaciones (Grover, 2022). Además, lograron la simbiosis porque llegaron a resolver tareas sin el uso de la tecnología (Buteau et al., 2020).

Códigos y categorías

Ahora pasemos al análisis temático de las transcripciones de los cuatro profesores sobre el diseño de artefactos para resolver tareas matemáticas. Se muestran las coincidencias en dos temáticas: la primera, centrada en el desarrollo de habilidades digitales a través de diferentes aplicaciones, además del uso tradicional con lápiz; y la segunda, respecto a la construcción de artefactos que coadyuven el pensamiento matemático de los estudiantes y los profesores.

Habilidades digitales

Es importante el uso de la tecnología en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

El uso de aplicaciones como Excel, WolframAlpha, Chat GPT, Photomath, GeoGebra y Python ayudan a resolver problemas.

Las aplicaciones son útiles como apoyo en la resolución de problemas, pero no sustituyen la forma tradicional.

Mantener un equilibrio entre el uso de tecnología y métodos tradicionales en el salón de clases.

Construcción de artefactos:

Los artefactos pueden tener un impacto favorable en el pensamiento matemático de los estudiantes.

Los artefactos pueden facilitar la resolución de problemas, es necesario hacer un uso crítico de los mismos.

Se encontraron estrategias para utilizar los artefactos de manera efectiva en el aula, como la comprobación de resultados y la creación de actividades que fomenten el pensamiento matemático.

CONCLUSIONES

Buscamos en este artículo ilustra cómo el PC de cuatro profesores de bachillerato puede ayudar a diseñar artefactos para poder resolver tareas matemáticas utilizando Excel, GeoGebra, Chat GPT, WolframAlpha, Python y la forma tradicional a mano. Esta idea coincide en que los alumnos y los profesores del siglo XXI deben contar con pensamiento crítico, creatividad, colaboración, comunicación y PC (Grover, 2018).

En este artículo entendemos al PC como una habilidad para resolver tareas matemáticas (problemas, ejercicios, proyectos, etc.) que los niños y los jóvenes pueden desarrollar. En la figura 9 planteamos un

modelo que explica el diseño de artefactos (productos para realizar una actividad como algoritmos para resolver una ecuación, código en lenguaje Python, hojas de cálculo en Excel, calculadora gráfica en GeoGebra, entre otros) para resolver tareas desarrollado en cinco pasos y tres ciclos.

En el apartado 4.3 se encuentra el análisis temático de las entrevistas basadas en artefactos, por los elementos que tienen los cuatro profesores en común, que son: el uso de la tecnología, valoran el uso de herramientas tecnológicas en el aula para enseñar matemáticas; impacto de los artefactos, que favorece dos aspectos, la resolución de problemas y el pensamiento matemático de los alumnos, pero también debe hacerse de forma crítica porque se pueden distraer los alumnos.

Para terminar, el PC involucra el diseño de artefactos (Grover, 2022) que se pueden convertir en instrumentos por prácticas matemáticas (Trouche, 2004). Dichas prácticas serán motivadas en los alumnos por su profesor de matemáticas, entonces el profesor deberá tener desarrollado un cierto PC, haber diseñado algunos artefactos y construido varios instrumentos a lo largo de su experiencia que podrá compartir con sus alumnos, nadie puede dar algo que no tiene. Tenemos que hacer ajustes en las reformas educativas para introducir el PC como un elemento del currículum desde educación básica, para tener en un plazo medio creadores de tecnología y no consumidores en nuestros alumnos.

REFERENCIAS

Barr, D., Harrison, J., & Conery, L. (2011). Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone. *Learning and Leading with Technology*, 38(6), 20–23.

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking.

Brolley, L. (2015). *La programmation informatique dans la recherche et la formation en mathématiques au niveau universitaire* [Tesis de Maestría]. Université de Montréal.

Buteau, C., Gueudet, G., Muller, E., Mgombelo, J., & Sacristán, A. I. (2019). University students turning computer programming into an instrument for 'authentic' mathematical work. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(7), 1020–1041. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1648892>

Buteau, C., Muller, E., Mgombelo, J., & Sacristán, A. I. (2018). Computational Thinking in University Mathematics Education: A Theoretical Framework. *21st Annual Conference on Research in Undergraduate Mathematics Education*, 1171–1179.

Buteau, C., Muller, E., Mgombelo, J., Sacristán, A. I., & Dreise, K. (2020). Instrumental Genesis Stages of Programming for Mathematical Work. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 6(3), Article 3. <https://doi.org/10.1007/s40751-020-00060-w>

Castañeda, A. (2023). El profesor de matemáticas en la era digital: Una mirada a los desafíos en la educación matemática. *Reseña del libro: The Mathematics Teacher in the digital Era. Educación Matemática*, 35(3), 278–282. <https://doi.org/10.24844/EM3503.11>

Clark-Wilson, A., Robutti, O., & Sinclair, N. (Eds.). (2022). *The Mathematics Teacher in the Digital Era: International Research on Professional Learning and Practice* (Segunda edición, Vol. 16). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-05254-5>

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Quinta edición). SAGE.

Grover, S. (2018). The 5th 'C' of 21st Century Skills? Try Computational Thinking (Not Coding). *EdSurge News*. <https://www.edsurge.com/news/2018-02-25-the-5th-c-of-21st-century-skills-try-computational-thinking-not-coding>

Grover, S. (2022). Computational Thinking Today. En A. Yadav & U. D. Berthelsen (Eds.), *Computational Thinking in Education: A Pedagogical Perspective* (pp. 18–40). Routledge, Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9781003102991>

Helsa, Y., Turmudi, & Juandi, D. (2023). TPACK-based hybrid learning model design for computational thinking skills achievement in mathematics. *Journal on Mathematics Education*, 14(2), 225–252. <https://doi.org/10.22342/jme.v14i2.pp225-252>

Knuth, D. E. (1981). Algorithms in Modern Mathematics and Computer Science. *Lecture Notes in Computer Science*, 82–99. https://doi.org/10.1007/3-540-11157-3_26

Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. En J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 101–111). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_9

Lee, S. W.-Y., Tu, H.-Y., Chen, G.-L., & Lin, H.-M. (2023). Exploring the multifaceted roles of mathematics learning in predicting students' computational thinking competency. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00455-2>

Lerman, S. (Ed.). (2020). *Encyclopedia of Mathematics Education (Segunda edición)*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0>

Lester, F. K. (2013). Thoughts about research on mathematical problem-solving instruction. *The Mathematics Enthusiast*, 10(1 & 2), 245–277.

Mailund, T. (2021). *Introduction to Computational Thinking: Problem Solving, Algorithms, Data Structures, and More*. Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7077-6>

Mouza, C., Yang, H., Pan, Y., Ozden, S. Y., & Pollock, L. (2017). Resetting educational technology coursework for pre-service teachers: A computational thinking approach to the development of technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3), 61–76. <https://doi.org/10.14742/ajet.3521>

OCDE. (2023). *PISA 2022 Mathematics Framework*. En *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*. OCDE.

Palmas Pérez, S. A. (2024). Educación Matemática en México: Un recorrido por los hallazgos del COMIE (2012-2021). *Educación Matemática*, 36(1), 222–229. <https://doi.org/10.24844/EM3601.08>

Papert, S. (1971). Teaching children to be mathematicians vs. Teaching about mathematics. *Artificial Intelligence, Memo no. 249 (LOGO Memo no. 4)*, 1–25.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. BasicBooks.

Papert, S. (1996). An Exploration in the Space of Mathematics Educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1, 95–123. <https://doi.org/10.1007/BF00191473>

Saldaña, J. (2016). *The coding manual for qualitative researchers (3E [Third edition])*. SAGE.

Schmid, M., Brianza, E., Mok, S. Y., & Petko, D. (2024). Running in circles: A systematic review of reviews on technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, 214, 105024. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105024>

Shen, J., Chen, G., Barth-Cohen, L., Jiang, S., & Eltouky, M. (2020). Connecting computational thinking in everyday reasoning and programming for elementary school students. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(2), 205–225. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1834474>

Trouche, L. (2004). Managing the Complexity of Human/Machine Interactions in Computerized Learning Environments: Guiding Students' Command Process through Instrumental Orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.1007/s10758-004-3468-5>

Trouche, L., & Drijvers, P. (2010). Handheld technology for mathematics education: Flashback into the future. *ZDM*, 42(7), Article 7. <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0269-2>

Vergnaud, G. (1998). Towards a cognitive theory of practice. En A. Sierpiska & J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics Education as a Research Domain: A Search for Identity: An ICMI Study Book 1*. (Vol. 4, pp. 227–240). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-5470-3>

Vygotsky, L. (1978). *Mind in society*. Harvard University Press.


Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.

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>

Yadav, A., Gretter, S., Good, J., & Mclean, T. (2017). Computational Thinking in Teacher Education. En P. J. Rich & C. B. Hodges (Eds.), *Emerging Research, Practice, and Policy on Computational Thinking* (Número Educational Communications and Technology: Issues and Innovations, pp. 205–220). https://doi.org/10.1007/978-3-319-52691-1_13

Yadav, A., Stephenson, C., & Hong, H. (2017). Computational thinking for teacher education. *Communications of the ACM*, 60(4), 55–62. <https://doi.org/10.1145/2994591>

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (Sixth edition). SAGE.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons .