

# Una experiencia de geometría con ChatGPT y GeoGebra: análisis del pensamiento computacional en educación superior

A geometry experience with ChatGPT and GeoGebra: an analysis of computational thinking in higher education

*El Cálculo y su Enseñanza*

ISSN: 2007-4107 (electrónico)

Erasmus Islas Ortiz

[erasmo.islas@cinvestav.mx](mailto:erasmo.islas@cinvestav.mx)

Centro de Investigación y de  
Estudios Avanzados del Instituto  
Politécnico Nacional  
México

**Recibido:** 13 de junio de 2025

**Aceptado:** 10 de diciembre de  
2025

Autor de Correspondencia:

Erasmus Islas Ortiz



[Una experiencia de geometría con  
ChatGPT y GeoGebra: análisis del  
pensamiento computacional en educación  
superior](#) © 2025 by Erasmus Islas Ortiz is  
licensed under [Creative Commons  
Reconocimiento-NoComercial 4.0  
Internacional](#)

**Resumen:** Este estudio explora nuevas formas de integrar la tecnología en la enseñanza de la geometría. Se analiza cómo estudiantes de licenciatura en modalidad a distancia interactuaron con ChatGPT y GeoGebra para construir un pentágono regular simulando el uso de regla y compás. La tarea tuvo como propósito promover habilidades de pensamiento computacional (PC) mediante el diseño y la depuración de algoritmos apoyados por la inteligencia artificial generativa (IAG). Los resultados muestran que dichas habilidades se hicieron visibles cuando los estudiantes interpretaron, ajustaron y refinaron instrucciones iniciales que no siempre conducían a la construcción deseada. A partir de estos hallazgos, en el rediseño de la tarea se incorporó una secuencia gradual de construcción de polígonos regulares y se desarrollaron prompts socráticos que orientan la interacción con la IAG. La experiencia subraya la importancia de diseñar tareas que integren herramientas digitales y atiendan los retos que emergen del uso didáctico de la inteligencia artificial generativa.

**Palabras clave:** ChatGPT, GeoGebra, pensamiento computacional, construcción geométrica.

**Abstract:** This study explores new ways to integrate technology into the teaching of geometry. It analyzes how undergraduate distance-education students interacted with ChatGPT and GeoGebra to construct a regular pentagon by simulating the use of a ruler and compass. The task aimed to promote computational thinking (CT) skills through the design and debugging of algorithms supported by generative artificial intelligence. The results show that these skills became most evident when students interpreted, adjusted, and refined initial instructions that did not always lead to the desired construction. Based on these findings, the task was redesigned to include a gradual sequence for constructing regular polygons and to incorporate Socratic prompts that guide dialogical interaction with the AI. This experience highlights the importance of designing mathematical tasks that integrate digital tools and address the challenges that emerge from the educational use of generative artificial intelligence.

**Keyword:** ChatGPT, GeoGebra, computational thinking, geometry education.

## 1. Introducción

En la última década, las tecnologías digitales han contribuido a transformar las formas de aprendizaje de los estudiantes y las prácticas de enseñanza de los docentes (Jablonski y Ludwig, 2023). Por ejemplo, las herramientas de geometría dinámica han impulsado el aprendizaje intuitivo y la visualización en la geometría (Salami y Spangenberg, 2024), mientras que las tecnologías de conectividad han consolidado la educación en línea como una alternativa viable para la educación superior (Ramos y Peredo, 2023). Siguiendo la inercia de estos avances, los estudiantes adoptan herramientas de inteligencia artificial generativa (IAG) como parte de sus prácticas educativas. Más allá de las consideraciones éticas asociadas con aplicaciones como ChatGPT, DeepSeek, Claude, Gemini o Copilot, su presencia en los contextos educativos es una realidad ineludible (Ng et al., 2025).

Consideramos que, usadas de manera adecuada, las herramientas de IAG ofrecen una amplia gama de posibilidades para promover habilidades, entre ellas el pensamiento computacional (PC). De acuerdo con Shute et al. (2017), el PC es particularmente relevante en matemáticas, ya que fomenta la resolución de problemas mediante la descomposición, el diseño de algoritmos y la depuración de errores. En este sentido, ChatGPT puede actuar como un tutor virtual personalizable, ofreciendo retroalimentación inmediata al responder preguntas y guiar procesos (Wardat et al., 2023). A su vez, GeoGebra ha demostrado su eficacia para promover la generalización mediante la visualización dinámica (Hohewarter et al., 2008).

A pesar de los avances en la integración de herramientas tecnológicas en la educación matemática, persiste una limitada comprensión sobre los efectos de combinar la inteligencia artificial generativa con software de geometría dinámica para fomentar el pensamiento computacional y el razonamiento geométrico. Aunque existe un creciente interés por integrar tecnologías digitales en matemáticas, Wardat et al. (2023) señalan que aún se requiere investigación para comprender los efectos de la IAG en las aulas y, más específicamente, su integración con herramientas de geometría dinámica (Yunianto et al., 2024).

Yunianto et al. (2024) encontraron que ChatGPT puede actuar como un asistente útil en construcciones geométricas con GeoGebra; sin embargo, identificaron limitaciones relacionadas con la precisión de las instrucciones generadas y la calidad de los prompts. En esta línea, el presente estudio analiza cómo estudiantes de licenciatura en línea interactuaron con estas tecnologías para resolver una tarea geométrica específica: la construcción de un pentágono regular simulando el uso de regla y compás. De este modo, se identificaron los desafíos que enfrentaron los estudiantes y las estrategias de pensamiento computacional que desarrollaron al integrar estas herramientas.

## 2. Marco teórico

El pensamiento computacional (PC) es un marco teórico orientado a la resolución de problemas que estimula habilidades interdisciplinarias al conectar la informática con otras áreas del conocimiento. Wing (2006) introdujo el término “pensamiento computacional” para referirse a un conjunto de habilidades cognitivas esenciales para resolver problemas de forma sistemática. En su relación con las matemáticas, estas habilidades permiten a los estudiantes enfrentar problemas de manera estructurada y lógica, vinculando conceptos abstractos con aplicaciones prácticas (Shute et al., 2017).

De acuerdo con Wing (2006) y Shute et al. (2017), las habilidades del PC incluyen: (1) abstracción, identificar patrones y modelar los aspectos esenciales de un problema; (2) descomposición, dividir problemas complejos en partes más simples; (3) diseño de algoritmos, crear procedimientos secuenciales para resolver problemas; (4) depuración, detectar y corregir errores; (5) iteración, repetir un proceso para refinarlo u optimizarlo; y (6) generalización, aplicar soluciones a problemas similares en otros contextos.

Aunque estas habilidades se describen en la literatura desde una perspectiva general sin un orden jerárquico específico (Wing, 2006; Shute et al., 2017), consideramos que en una propuesta de enseñanza es conveniente adaptarlas a una secuencia acorde con el contexto didáctico. En este estudio se optó por un orden que refleja la progresión habitual en las prácticas educativas de matemáticas: inicialmente se analiza el problema mediante su descomposición en pasos sencillos; posteriormente, se diseñan algoritmos para su resolución, los cuales se ponen a prueba mediante procesos iterativos que implican depurar errores hasta perfeccionar la solución; finalmente, los estudiantes pueden abstraer y generalizar los conceptos matemáticos involucrados. En esta secuencia, la abstracción se entiende como una habilidad avanzada, resultado de procesos previos, y no necesariamente como el punto de partida.

Por otro lado, Shute et al. (2017) señalan que las herramientas digitales favorecen el desarrollo del PC porque proporcionan ambientes interactivos y dinámicos que permiten el aprendizaje de conceptos abstractos. Según los autores, esto ocurre cuando las actividades se diseñan con tres características clave: explícitas, interactivas y adaptativas. Son explícitas cuando buscan desarrollar habilidades específicas de PC; interactivas cuando permiten a los estudiantes construir activamente su conocimiento mediante la manipulación, la experimentación y la toma

de decisiones; y adaptativas cuando brindan contenidos o retroalimentación ajustada a las necesidades del estudiante.

En este estudio, las habilidades de PC se utilizan como marco teórico para analizar cómo los estudiantes interactúan con ChatGPT y GeoGebra para resolver el problema de construir un pentágono de la forma en que se realizaría utilizando regla y compás. Dadas estas consideraciones teóricas, nos planteamos la siguiente interrogante: ¿Qué habilidades de pensamiento computacional manifiestan estudiantes universitarios al interactuar con ChatGPT y GeoGebra al construir un pentágono regular?

### **3. Metodología**

Este estudio se enmarca en la Investigación Basada en Diseño (IBD), según las directrices propuestas por Bakker (2018). Siguiendo este enfoque metodológico, se desarrolló un primer ciclo compuesto por tres fases: la preparación y diseño de la tarea de aprendizaje, su implementación en un entorno de enseñanza en línea y el análisis retrospectivo de los resultados.

La intervención consistió en una tarea en la que estudiantes de licenciatura debían construir un pentágono regular simulando el uso de regla y compás, es decir, trazando únicamente líneas y círculos en GeoGebra. Para resolverla, contaban con el apoyo de ChatGPT.

El investigador, quien fungía como profesor del curso, diseñó la tarea con el propósito de cuestionar la confianza que los estudiantes depositan en las respuestas generadas por las herramientas de inteligencia artificial generativa (IAG) en contextos matemáticos. El profesor sabía de antemano que el modelo no es capaz de producir una solución correcta para la construcción de un pentágono regular con regla y compás. Por ello, la intención era que, mediante el pensamiento crítico, la depuración y la interacción constante con la herramienta, los estudiantes identificaran los errores de la IA y trataran de corregirlos. En este sentido, los errores generados por la IA se aprovecharon como un recurso para el análisis geométrico y la reflexión sobre el procedimiento. Al mismo tiempo, los estudiantes notarían que las respuestas de estas herramientas son falibles y requieren supervisión minuciosa.

El primer ciclo tuvo como propósito generar reflexiones sobre las decisiones de diseño y sus implicaciones en el desarrollo del pensamiento computacional (PC). En esta etapa se identificaron beneficios y limitaciones del diseño, como la justificación de la elección del

pentágono regular y el análisis de la autonomía de los estudiantes en su interacción con ChatGPT. Las respuestas a estas cuestiones orientarán el rediseño y las iteraciones posteriores del estudio.

### **3.1 Fase de preparación y diseño**

Esta fase se centró en definir una tarea específica para responder a la problemática planteada: integrar herramientas tecnológicas en la enseñanza de la geometría con la intención de promover habilidades de pensamiento computacional (PC). La tarea se situó dentro de una unidad de aprendizaje sobre polígonos regulares e irregulares y consistió en que los estudiantes construyeran un pentágono regular simulando únicamente el uso tradicional de regla y compás (líneas y círculos), apoyándose en GeoGebra y ChatGPT. Para preservar la esencia del método clásico, se limitaron las herramientas avanzadas disponibles en GeoGebra, lo que enfatizó la necesidad de diseñar un algoritmo que condujera a la construcción deseada.

La elección del pentágono regular se basó en su complejidad relativa frente a polígonos más simples como el triángulo, el cuadrado, el hexágono o el octágono, que los estudiantes ya habían construido previamente sin asistencia adicional. A diferencia de estos, la construcción clásica del pentágono regular implica un mayor reto algorítmico y conceptual. Se sabía de antemano que las versiones disponibles de ChatGPT al momento de la intervención no ofrecerían de manera directa ni inmediata una solución óptima, por lo que se preveía que los estudiantes deberían enfrentar, cuestionar, corregir y depurar las soluciones iniciales propuestas por la IA. De este modo, el error generado de manera intencional actuaría como detonador para fomentar la interacción dialógica estudiante–ChatGPT y favorecer el desarrollo de habilidades de PC.

En la geometría euclidiana, la construcción del pentágono regular con regla y compás requiere determinar longitudes que dependen de relaciones geométricas no triviales vinculadas a la razón áurea. A diferencia del triángulo, cuadrado o hexágono; el pentágono requiere localizar puntos cuya separación no puede obtenerse mediante operaciones elementales, como simetrías o divisiones angulares. Esta complejidad explica por qué la tarea implicaba un desafío adicional tanto para los estudiantes como para la IA, y por qué se esperaba que surgieran procesos de depuración y análisis durante la construcción.

Cabe mencionar que en el contexto de esta investigación, utilizamos el término “prompt” para referirnos a la instrucción escrita que un usuario proporciona a un modelo de inteligencia artificial generativa para orientar su respuesta o comportamiento.

Para guiar y justificar el diseño, se formularon las siguientes conjeturas:

- Ante la complejidad de la tarea, los estudiantes recurrirían a generar prompts en ChatGPT para obtener un algoritmo o secuencia útil para la construcción.
- ChatGPT podría orientar a los estudiantes generando pasos preliminares o algoritmos parciales cuando se formularan solicitudes adecuadas.
- GeoGebra proporcionaría un entorno dinámico que estimularía el razonamiento geométrico en cada intento iterativo de construcción.
- La combinación de ambas herramientas impulsaría el desarrollo del PC al requerir que los estudiantes descompusieran, comprendieran y corrigieran las instrucciones propuestas por ChatGPT, realizando procesos iterativos de depuración hasta obtener una solución satisfactoria.

Finalmente, para estimular la interacción con la inteligencia artificial y evaluar su alcance en contextos geométricos específicos, así como para observar cómo los estudiantes depuraban errores, se establecieron instrucciones explícitas para la tarea: (1) intentar inicialmente la construcción clásica del pentágono regular en GeoGebra sin apoyo externo; (2) en caso de enfrentar dificultades, solicitar a ChatGPT ayuda para generar un método o algoritmo; (3) replicar en GeoGebra el método sugerido por ChatGPT, corrigiéndolo y depurándolo si era necesario; (4) documentar detalladamente los procesos seguidos, incluyendo errores, intentos fallidos e iteraciones realizadas; y (5) entregar un producto final acompañado de una reflexión escrita sobre la experiencia.

### **3.2 Fase de experimento de enseñanza**

La intervención se llevó a cabo con 17 estudiantes universitarios durante un curso de geometría en línea en la plataforma Moodle. Antes de realizar la actividad, los estudiantes tuvieron dos semanas de práctica utilizando GeoGebra, periodo en el cual aprendieron a crear figuras geométricas básicas y elementos de control empleando tanto los comandos del menú como la barra de entrada. Esta tarea representó su primera experiencia utilizando ChatGPT como apoyo en actividades de geometría.

Para desarrollar la tarea, los estudiantes trabajaron de manera individual y autónoma. Registraron sus interacciones con ChatGPT y realizaron sus construcciones en una lección de GeoGebra creada por el docente, en la cual se habilitaron únicamente comandos básicos como línea recta, círculo e intersección. Aunque la actividad fue explicada previamente en una sesión síncrona y se habilitó un foro en línea para resolver dudas, no se brindó asistencia adicional durante la ejecución de la tarea.

La recolección de datos contempló: los enlaces a las interacciones en línea con ChatGPT, las construcciones registradas en GeoGebra Classroom y reflexiones escritas en las que los estudiantes describieron los métodos que siguieron, las dificultades que enfrentaron y sus percepciones sobre el uso combinado de ambas herramientas. Esta información fue recopilada mediante las evidencias adjuntadas por los estudiantes en un documento entregado en la plataforma Moodle y posteriormente se analizó desde una perspectiva predominantemente cualitativa, enfocada en identificar las habilidades de pensamiento computacional manifestadas durante el desarrollo de la tarea.

#### **4. Análisis de resultados**

Para evaluar las habilidades de pensamiento computacional manifestadas por los estudiantes durante la actividad, realizamos un análisis sistemático de las construcciones generadas en GeoGebra, las transcripciones de sus interacciones con ChatGPT y sus reflexiones escritas. Los datos obtenidos se organizaron de acuerdo con las seis habilidades de PC definidas y adaptadas previamente al contexto del estudio: descomposición, diseño de algoritmos, iteración, depuración, generalización y abstracción. Para cada habilidad se establecieron indicadores específicos que permitieron determinar si estas se evidenciaron en los productos y procesos de los estudiantes. En las secciones siguientes presentamos los resultados del análisis cualitativo, acompañados de ejemplos representativos que ilustran cómo los estudiantes manifestaron dichas habilidades durante la tarea y las dificultades que obstaculizaron su emergencia.

##### **4.1 Evaluación de habilidades de pensamiento computacional**

Para analizar las habilidades de pensamiento computacional (PC) evidenciadas durante la actividad, se revisaron sistemáticamente tres tipos de evidencia: (1) las construcciones realizadas en GeoGebra, (2) las transcripciones de las interacciones con ChatGPT y (3) las

reflexiones escritas de los estudiantes. A partir de esta revisión, se clasificó la manifestación de cada habilidad de PC en tres categorías: explícita, cuando la habilidad se evidenció de manera clara mediante una acción o reflexión concreta; limitada, cuando se observaron intentos parciales o implícitos; y ausente, cuando no hubo indicios de la habilidad. Con base en Wing (2006), Shute et al. (2017) y nuestras propias observaciones, se diseñaron indicadores específicos para evaluar las respuestas de los estudiantes (ver Tabla 1).

**Tabla 1. Criterios para evaluar las habilidades de PC en la tarea**

Habilidad de PC	Explícita	Limitada	Ausente
Descomposición	El estudiante divide la tarea en pasos geométricos simples y correctos, partiendo del trazo del círculo en el que se inscribirá el pentágono hasta trazar los vértices.	El estudiante identifica algunos pasos parciales, pero por la dependencia de las instrucciones de ChatGPT no comprende la lógica tras la secuencia de pasos	No se observan intentos por dividir la tarea ni comprender las partes que componen la construcción.
Diseño de algoritmos	Propone y reorganiza una secuencia lógica de pasos basada en el análisis de las respuestas de ChatGPT.	Sigue los pasos de ChatGPT sin reorganizarlos o sin verificar su viabilidad geométrica.	Usa comandos automáticos o abandona el proceso sin intentar una secuencia estructurada.
Iteración	Realiza múltiples intentos de construcción para mejorar el resultado hasta obtener la figura solicitada	Desarrolla al menos un segundo intento, pero no con ajustes sustanciales.	Intenta una única vez o abandona después del primer intento.
Depuración	Identifica errores en los pasos sugeridos por ChatGPT o en su propia construcción y los corrige activamente.	Detecta errores, pero no logra corregirlos o lo hace con ayuda externa.	No identifica errores o no realiza cambios tras notar inconsistencias.
Generalización	Identifica principios geométricos aplicables a otras construcciones y reflexiona sobre la aplicación del aprendizaje en otros contextos.	Reconoce algunas similitudes con otras figuras, pero no extiende su razonamiento.	Sin necesidad o intención de transferir el conocimiento a nuevos contextos.
Abstracción	Identifica patrones o propiedades clave del pentágono, como ángulos, simetrías o relaciones entre radios y lados.	Menciona propiedades aisladas sin integrarlas en una comprensión general.	No aborda propiedades geométricas más allá de seguir pasos operativos.

De acuerdo con los criterios anteriores, la Tabla 2 resume los resultados obtenidos del análisis cualitativo. Cada habilidad de PC se presenta en términos del número de estudiantes que la evidenciaron de manera explícita, limitada o ausente. Esta categorización no evalúa



directamente la capacidad de los estudiantes, sino cómo el diseño de la tarea y la interacción con ChatGPT y GeoGebra influyeron en la manifestación de cada habilidad.

**Tabla 2. Número de estudiantes que manifestaron habilidades de PC en la tarea**

Habilidad de PC	Explícita	Limitada	Ausente	Observaciones generales
Descomposición	16	1	0	El 94% descompuso claramente el problema en pasos geométricos
Diseño de algoritmos	6	11	0	Solo el 35% propuso secuencias autónomas; el resto replicó pasos dados por ChatGPT sin ajustarlos
Iteración	7	6	4	El 41% iteró su procedimiento al menos una vez con cambios estructurales
Depuración	2	13	2	Solo el 12% identificó y corrigió errores que condujeron a la construcción
Generalización	0	1	16	El 94% no mostró intentos de aplicar el conocimiento fuera del contexto inmediato
Abstracción	0	10	7	El 59% hizo referencias implícitas a propiedades generales del pentágono

Los resultados muestran que el tipo de actividad, las herramientas disponibles y la forma en que se orienta la interacción influyen directamente en las habilidades de PC manifestadas por los estudiantes. Como se observa en la Tabla 2, la descomposición fue la habilidad más frecuentemente observada de manera explícita: 16 estudiantes (94%) lograron dividir el problema en pasos geométricos útiles para avanzar en la construcción. En términos generales, los estudiantes identificaban que debían trazar un círculo, dividirlo en cinco arcos equidistantes y considerar que los ángulos centrales debían ser de  $72^\circ$ . La principal dificultad no radicó en estos elementos, sino en determinar la longitud del lado del pentágono empleando únicamente trazos con regla y compás, aspecto para el cual la interacción con ChatGPT resultaba relevante.

En cuanto al diseño de algoritmos, solo 6 estudiantes (35%) evidenciaron esta habilidad de forma explícita, ya fuera proponiendo secuencias autónomas de construcción o adaptando de manera sustancial las respuestas generadas por la IA. Esto indica que, aunque todos contaban con instrucciones sugeridas por ChatGPT, algunos estudiantes las modificaban o

reinterpretaron, mientras que otros las seguían de forma literal y solo las cuestionaban cuando detectaban un error. La Figura 1a ejemplifica este fenómeno mediante un prompt que orienta explícitamente la secuencia que la IA debe seguir para construir el pentágono regular.

(a)	(b)
<p>Deseo trazar un pentágono regular en GeoGebra tal como lo haría usando solo regla y compas. Entiendo que debo seguir los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trazar un círculo donde se inscribirá el pentágono</li> <li>2. En función de ese círculo encontrar la distancia que lo divida en 5 partes iguales</li> <li>3. Con ayuda del compas trasladar esa distancia al círculo y encontrar la unicación de los 5 vértices</li> <li>4. Cada vértice tendrá un ángulo de 108 grados</li> </ol> <p>Dame la secuencia para trazar el pentágono siguiendo esta ruta solo usando líneas y círculos.</p>	<p>si me salen 5 vértices pero no me queda le pentagono regular no miden los mismo sus lados</p> <p>ya se porque te equivocas te falta marcar el otro diámetro, es decir que sean dos diámetros que pasen por el centro O</p> <p>te equivocas porque la medida del radio que encontrara los vértices debe ser del punto medio de AO al punto B</p> <p>el radio de la circunferencia que marcara los vértices no debe ser de la distancia de B a P</p> <p>perdón, más bien el radio debe ser de la distancia de B a P</p>

Figura 1: Interacciones de dos estudiantes con ChatGPT durante la tarea

La habilidad de iteración también se manifestó de forma relevante: 7 estudiantes (41%) realizaron ajustes y múltiples intentos del algoritmo, lo que muestra una disposición por refinar su estrategia tras intentos fallidos. Esta habilidad estuvo estrechamente vinculada a la depuración, aunque de forma limitada, ya que solo 2 estudiantes (12%) identificaron y corrigieron errores para obtener la construcción, mientras que 13 (76%) realizaron correcciones parciales que no los condujeron al pentágono regular.

En la Figura 1b se muestran partes de la interacción con ChatGPT de uno de los estudiantes que logró obtener la construcción, demostrando las habilidades tanto de iteración como de depuración. A partir de los pasos iniciales sugeridos por la IA llegó a un pentágono irregular. Después de varios intentos de construcción en GeoGebra logró la construcción deseada e incluso intentó hacer notar sus errores a la IA, pero el modelo redundaba con la misma solución. En palabras del propio estudiante: *“Con ChatGPT no logre obtener los resultados que quería, pero con práctica, y un poco de sentido común logre construir el pentágono en GeoGebra. Intenté más de cinco veces y cada vez las indicaciones eran incorrectas, resultando en una figura distinta a la que buscaba, al final fue muy repetitivo con el mismo proceso”*.

Estos datos sugieren que el pensamiento computacional se activó principalmente ante dificultades concretas (construcciones erróneas o incompletas) y se expresó en la detección de errores y en los ajustes sucesivos. Es decir, la depuración se promovió cuando los estudiantes analizaron por qué no obtenían un pentágono regular; en esos casos, refinaron los prompts

enviados a ChatGPT y ajustaron los pasos en GeoGebra. No obstante, a pesar de los múltiples intentos (iteración), solo dos estudiantes lograron depurar efectivamente el algoritmo dado por la IA, el cual no fue completamente correcto en ninguno de los casos.

En contraste, las habilidades de generalización y abstracción fueron mayoritariamente ausentes: 16 estudiantes (94%) no manifestaron generalización y 7 (41%) no evidenciaron abstracción. Esto no refleja una carencia en los estudiantes, sino que responde al diseño mismo de la tarea: al centrarse en una construcción puntual, no se promovieron procesos de transferencia ni de patrones generales. Aun así, 10 estudiantes (59%) mostraron una manifestación limitada de abstracción, al hacer referencias implícitas a propiedades del pentágono, como la medida de sus ángulos o la dificultad asociada a la proporción áurea, sin extender estas ideas a otros contextos. Lo anterior sugiere que estas habilidades requieren condiciones de diseño adicionales que fomenten explícitamente la conexión con otras construcciones y la identificación de patrones geométricos. En suma, las características de la tarea y la forma en que se orientó la interacción con las herramientas digitales influyeron directamente en la manifestación de las habilidades de pensamiento computacional.

#### 4.2 Características de las construcciones

La actividad dio lugar a tres categorías de resultados: construcciones correctas, incorrectas e incompletas. Estas categorías no solo reflejan el desempeño técnico de los estudiantes en GeoGebra, sino también las habilidades de pensamiento computacional promovidas durante el proceso. Solo el 12% de los estudiantes logró construir un pentágono regular siguiendo las condiciones establecidas, mientras que la mayoría presentó construcciones incorrectas (59%) o no completó la tarea (29%). En la Tabla 3 se presenta un resumen de estos resultados.

**Tabla 3. Resultados de la construcción del pentágono regular**

Construcción	No. de estudiantes	% de estudiantes	Observaciones
Correcta	2	12	Lograron un pentágono regular siguiendo las condiciones establecidas.
Incorrecta	10	59	Construcciones deformes o hexágonos fueron los errores más comunes.

Incompleta	5	29	Abandonaron la tarea o recurrieron a tutoriales externos debido a frustración de la interacción con ChatGPT.
------------	---	----	--

La Figura 2 ilustra dos casos representativos de construcciones incorrectas: un hexágono generado por errores de interpretación de las instrucciones de ChatGPT (izquierda) y un pentágono deformado con lados no congruentes (centro). Ambos casos reflejan dificultades en habilidades como diseño de algoritmos y descomposición. A la derecha, se muestra un intento de depuración, donde el estudiante interactúa nuevamente con ChatGPT para ajustar los pasos y corregir errores. Estos ejemplos destacan cómo los errores iniciales fomentaron habilidades de depuración e iteración, aunque no siempre condujeron al resultado esperado.

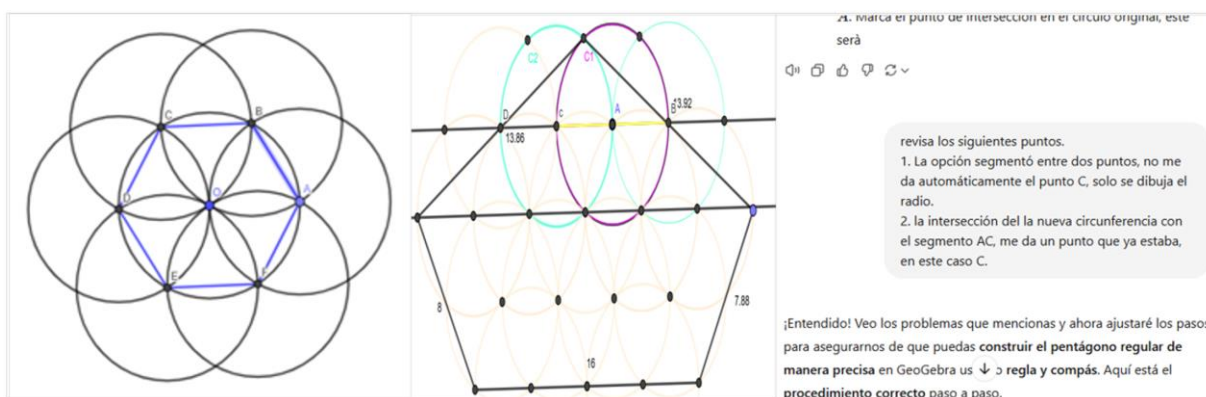


Figura 2: Ejemplos de Construcciones Incorrectas y del proceso de depuración

## 5. Discusión de resultados

### 5.1. Primer ciclo de investigación

Los resultados del primer ciclo permiten interpretar cómo la interacción con GeoGebra y ChatGPT influyó en la manifestación de las habilidades de pensamiento computacional (PC). La Figura 3 muestra un caso en el que un estudiante logró construir el pentágono regular utilizando herramientas básicas de GeoGebra y refinando sus prompts en ChatGPT. Aunque el modelo generó un conjunto de pasos detallados, el estudiante necesitó realizar ajustes adicionales para lograr la construcción, mostrando habilidades como iteración y depuración. Este caso destaca cómo la calidad del prompt puede facilitar la descomposición del problema y apoyar una solución algorítmica. Esto concuerda con los estudios de (Wardat et al., 2023), que subrayan que las respuestas de la IA requieren ajustes constantes por parte del usuario para ser didácticamente útiles.

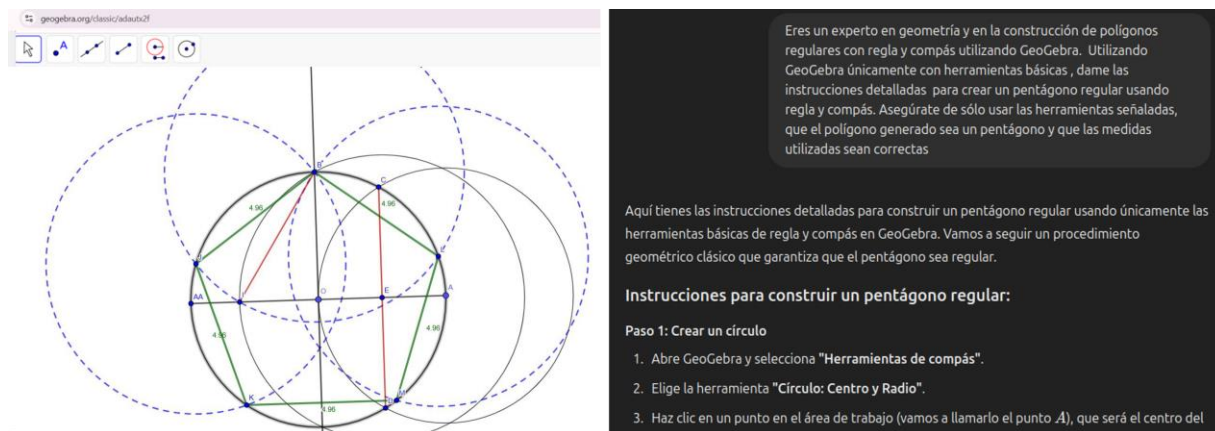


Figura 3. Construcción del pentágono con relación a la calidad del prompt

Asimismo, se observó que el error desempeñó un papel central como detonador cognitivo. Las construcciones incorrectas o incompletas motivaron a los estudiantes a analizar los pasos proporcionados por la IA, cuestionarlos y ajustarlos, activando procesos de iteración y depuración, tal como se describe en las habilidades de PC identificadas por Shute et al. (2017). Sin embargo, este tipo de habilidades asociadas a la búsqueda iterativa de soluciones no permitieron avances significativos en habilidades superiores, como la abstracción y la generalización. Esta ausencia no implica necesariamente que los estudiantes carezcan de dichas habilidades, sino que el diseño de la tarea no fomentó la comparación y la transferencia de patrones que trasciendan la construcción propuesta.

En términos generales, la integración de ChatGPT y GeoGebra permitió que los estudiantes pusieran en práctica habilidades vinculadas al pensamiento computacional, lo cual coincide con las observaciones de Yuniarto et al. (2024), quienes señalaron que ChatGPT puede facilitar procesos como la creación de algoritmos básicos y depuración. No obstante, también se evidenció una fuerte dependencia de las instrucciones generadas por la IA, especialmente en los estudiantes que no adaptaron ni lograron corregir los pasos sugeridos por la herramienta.

De manera consistente con Wardat et al. (2023), los resultados muestran que el potencial de la IAG en tareas matemáticas depende en gran medida del diseño instruccional y del grado de autonomía que se promueva. Si bien ChatGPT proporcionó un punto de partida para las construcciones, la calidad de los prompts y la capacidad de los estudiantes para refinar las instrucciones en GeoGebra fueron determinantes en el éxito de la tarea.

En síntesis, los hallazgos del primer ciclo revelan que el tipo de tarea y la manera en que se orienta la interacción con la IA influyen directamente en el tipo de razonamiento computacional que emerge durante el proceso. La experiencia muestra que ChatGPT puede apoyar el razonamiento geométrico, pero su uso debe integrarse en un diseño didáctico que permita a los estudiantes comparar métodos, explorar alternativas y reflexionar sobre sus decisiones. Por lo tanto, los resultados ofrecen una pauta para el rediseño de la actividad, el cual será reorientado para promover un desarrollo integral de las habilidades del pensamiento computacional.

## 5.2 Etapa de rediseño

A partir de los resultados del primer ciclo, se identificó la necesidad de un rediseño que no solo fortaleciera procesos de descomposición, iteración y depuración, sino que también promoviera la abstracción y la generalización. Con este fin, se elaboró una propuesta de rediseño mediante una secuencia dosificada de construcción de polígonos regulares (triángulo, cuadrado, hexágono y pentágono). Esta secuencia permitirá analizar, en un segundo ciclo de investigación, cómo la complejidad geométrica influye en la necesidad de recurrir a la IA y en el tipo de interacciones que los estudiantes establecen con la herramienta.

Como parte del rediseño, los prompts fueron diseñados bajo un enfoque socrático. En el método socrático o mayéutica de Sócrates el camino hacia el conocimiento es un proceso gradual en el que el aprendiz participa activamente en el diálogo y la reflexión que dirige el maestro (De la Torre Gómez, 2003). De acuerdo con esta postura, el aprendizaje se alcanza cuando el alumno descubre la respuesta adecuada a una pregunta bien formulada. Trasladado al contexto digital, este enfoque implica que la IAG no proporcione soluciones directas, sino preguntas graduales que orienten al estudiante, lo inviten a razonar y lo lleven a verificar cada paso de la construcción. El propósito es fortalecer la autonomía, la metacognición y el razonamiento geométrico.

Para que la IAG se comporte como un tutor interactivo que guíe hacia procesos matemáticos correctos se establecieron los siguientes criterios para el diseño de los prompts socráticos:

- Indicar a la IA que no aporte respuestas sino preguntas guiadas pasos a paso.
- Solicitar que cada nueva pregunta se adapte a las respuestas previas del estudiante.
- Instruir a la herramienta para que verifique la validez de la respuesta del estudiante antes de avanzar a la siguiente pregunta.



## Una experiencia de geometría con ChatGPT y GeoGebra: análisis del pensamiento computacional en educación superior

- Garantizar que el modelo de IA pueda conducir a la solución correcta.

Este último punto es crucial, ya que el docente debe anticipar los posibles caminos que la IA podría generar y depurar el prompt para asegurar que todas las rutas conduzcan a la construcción correcta. En el caso de que la IA no pueda llegar a la solución correcta se debe incluir la estrategia o método de construcción en el mismo prompt. Si este presenta ambigüedades, la IA podría producir alternativas erróneas, por lo que su revisión es parte fundamental del diseño.

### PROMPT PARA CONSTRUIR UN PENTÁGONO REGULAR POR EL MÉTODO DE LOS TRES ARCOS

Modo micropasos con método socrático. Figura: Pentágono regular (método de los tres arcos).

#### INSTRUCCIONES PARA TU PRIMERA RESPUESTA:

1. Da una INTRODUCCIÓN clara, por ejemplo:  
"Vamos a aprender a construir un pentágono regular inscrito en una circunferencia usando el método de los tres arcos, paso a paso con regla y compás (o GeoGebra).  
Partiremos de una circunferencia de radio  $r$  con centro  $O$ , y usaremos diámetros perpendiculares como apoyo.  
La IA te guiará con preguntas y micropasos, y en cada paso verificaremos el resultado."
2. Después de esa introducción, formula la primera PREGUNTA socrática relacionada con los diámetros.
3. DETENTE y espera mi respuesta. No des aún el micropaso ni la verificación.

#### REGLAS GENERALES (desde la 2ª respuesta en adelante):

- En cada paso:
  1. Hazme UNA pregunta breve para razonar.
  2. Espera mi respuesta.
  3. Cuando yo conteste, entonces dame UN micropaso de construcción y UNA verificación objetiva.
  4. Termina siempre con: "¿listo o duda?" y espera mi respuesta.
- Avanza un paso a la vez, sin mostrar los siguientes.
- Usa solo estos nombres y orientación:  
 $O$  = centro  
Diámetro horizontal:  $A$  (derecha) –  $C$  (izquierda)  
Diámetro vertical:  $B$  (arriba) –  $D$  (abajo)  
Puntos auxiliares:  $A'$ ,  $B'$ ,  $H$
- No inventes letras nuevas sin pedírmelo.
- Si escribo "revisa: <descripción>", valida la construcción y señala el error concreto.
- Si escribo "solución mínima", dame exactamente el micropaso que falta, sin teoría extra.

#### MÉTODO EXACTO QUE DEBES SEGUIR:

- Paso 0: Traza los diámetros perpendiculares  $AC$  (horizontal) y  $BD$  (vertical).  
Verificación:  $OA = OB = OC = OD = r$  y  $\angle AOB = 90^\circ$ .
- Paso 1: Con centro en  $A$  y radio  $r$ , traza un arco que corte la circunferencia en el cuadrante SUPERIOR DERECHO; llama  $A'$ .  
Verificación:  $A'$  está en la circunferencia y  $|AA'| = r$ .
- Paso 2: Con centro en  $B$  y radio  $r$ , traza un arco que corte la circunferencia en dos puntos; elige  $B'$  en el cuadrante SUPERIOR IZQUIERDO, el más alejado de  $A'$ .  
Verificación:  $B'$  está en la circunferencia y  $|BB'| = r$ .
- Paso 3: Abre el compás con la distancia  $A'B'$ . Con centro en  $A'$  (o en  $B'$ ), traza un arco que pase por el otro punto y corte la circunferencia en dos lugares. Elige  $H$  como el que está exactamente sobre el diámetro  $AC$  (alineado con  $A-O-C$ ).  
Verificación:  $H$  pertenece a la circunferencia y está sobre  $AC$ .
- Paso 4: La cuerda  $BH$  es la longitud del lado del pentágono. (No expliques su papel antes de este paso).  
Verificación: al transportar  $BH$  cinco veces sobre la circunferencia, se cierra exactamente en  $A$ .
- Paso 5: Marca los cinco vértices con esa cuerda y únelos en orden.  
Verificación: cinco lados iguales; ángulos centrales de  $72^\circ$ ; ángulos internos de  $108^\circ$ .

*Figura 4:* Ejemplo de prompt socrático para guiar la construcción del pentágono regular con regla y compás

En este proceso de rediseño se elaboraron prompts socráticos específicos para la construcción de polígonos regulares. La Figura 4 muestra la estructura del prompt que guiará la construcción del pentágono regular mediante el método de los tres arcos. Asimismo, se creó un conjunto de actividades piloto en GeoGebra Classroom para analizar la coherencia de la secuencia y la interacción con la IA: <https://www.geogebra.org/classroom/ddndnds4>.

Por lo tanto, nuestro rediseño se sustenta de las siguientes hipótesis: (1) El uso combinado de ChatGPT y GeoGebra favorece el desarrollo de habilidades de PC al promover procesos iterativos de construcción, depuración y verificación (Yunianto et al., 2024). (2) Las dificultades en las construcciones actúan como detonadores del razonamiento computacional y favorecen el razonamiento geométrico y (3) Un diseño instruccional basado en tareas abiertas y prompts cuidadosamente formulados promueve el aprendizaje autónomo y la metacognición.

Finalmente, una prueba preliminar del rediseño mostró que los polígonos más sencillos de construir requirieron menor apoyo de la IA, mientras que el pentágono regular requirió una mediación mayor. La principal innovación de este nuevo ciclo es el enfoque socrático, que mediante un prompt cuidadosamente diseñado permite moderar el comportamiento de la IA, aumentar la tasa de éxito, reducir la dependencia de las instrucciones generadas por la herramienta y fomentar una interacción reflexiva en GeoGebra. En el segundo ciclo de investigación se evaluará el impacto de los prompts socráticos en las habilidades de PC que resultaron limitadas en la intervención del primer ciclo.

## 6. Conclusiones

Los resultados del primer ciclo muestran que la integración de ChatGPT y GeoGebra permitió que los estudiantes pusieran en práctica las habilidades de pensamiento computacional. Esto coincide con lo señalado por Yunianto et al. (2024), quienes reportaron que ChatGPT puede apoyar en la creación de algoritmos y en procesos de depuración de construcción geométrica. Sin embargo, también se observó que el uso de la IA por sí mismo evita un aprendizaje autónomo. Esto fue observado cuando los estudiantes dependieron en exceso de las instrucciones generadas por el modelo, lo que concuerda con Wardat et al. (2023), quienes destacan que las respuestas producidas por ChatGPT deben ser supervisadas críticamente para que sean significativas en contextos educativos.



La experiencia deja claro que las características de los prompts y las habilidades de los estudiantes para reinterpretar o corregir los pasos en GeoGebra fueron factores determinantes para el éxito de la tarea. Aunque algunos estudiantes construyeron el pentágono regular a pesar de las restricciones de la tarea, la mayoría enfrentó dificultades derivadas tanto de la complejidad de la construcción con regla y compás como de las instrucciones imprecisas producidas por la IA. Esto refuerza la idea de que el diseño de actividades debe fomentar mayor exploración y autonomía.

De acuerdo con Shute et al. (2017), las actividades diseñadas para desarrollar pensamiento computacional deben ser explícitas, interactivas y adaptativas: explícitas en cuanto a la intención de desarrollar habilidades específicas; interactivas para permitir la experimentación y la toma de decisiones; y adaptativas para ajustar la retroalimentación a las necesidades del estudiante. Los resultados del primer ciclo muestran que la ausencia parcial de estas características limitó la emergencia de habilidades de PC, lo que justifica la pertinencia de un rediseño orientado a fortalecer la reflexión y la toma de decisiones en la interacción con la IA y GeoGebra.

La necesidad de incorporar estas características conduce al desarrollo de un rediseño basado en una secuencia gradual de polígonos regulares y en la implementación de prompts socráticos para mediar la interacción con la IA. Una prueba preliminar mostró que este enfoque puede reducir la dependencia de instrucciones directas y promover procesos de verificación conscientes, favoreciendo la metacognición. La segunda intervención permitirá analizar cómo estos prompts socráticos influyen en las habilidades de pensamiento computacional.

En futuros trabajos profundizaremos en el diseño de prompts y exploraremos la posibilidad de entrenar un modelo de IA especializado en la construcción de polígonos regulares con regla y compás. Cabe señalar que, cuando el prompt socrático está adecuadamente formulado, la herramienta de IAG utilizada pierde relevancia, pues la interacción sigue un camino previamente definido por el investigador y se reducen las respuestas erróneas. En nuestras pruebas preliminares, el prompt ha funcionado de manera consistente en diferentes modelos, incluyendo ChatGPT, Gemini, Claude y Meta AI. Finalmente, reconocemos como limitante el empleo de tecnología de última generación para abordar un problema euclidiano clásico,

restringiendo el potencial de GeoGebra. Sin embargo, esta tensión invita a la reflexión sobre la capacidad formativa de los problemas geométricos tradicionales en entornos digitales.

## Agradecimientos

El autor agradece al comité organizador del Encuentro Internacional sobre la Enseñanza del Cálculo, las Ciencias y las Matemáticas (EICAL) por haber dado su apoyo para poner en práctica este proyecto.

## Referencias

- Bakker, A. (2018). *Design research in education: A practical guide for early career researchers*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203701010>
- De la Torre Gómez, A. F. (2003). El método socrático y el modelo de van Hiele. *Lecturas Matemáticas*, 24(2), 99–121.
- Hohewarter, M., & Preiner, J. (2008). Introducing dynamic mathematics software to secondary schools: GeoGebra examples and experiences. *Teaching Mathematics and Its Applications: An International Journal of the IMA*, 27(2), 65–68. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrn008>
- Jablonski, S., & Ludwig, M. (2023). Teaching and Learning of Geometry—A Literature Review on Current Developments in Theory and Practice. *Education Sciences*, 13(7), 682. <https://doi.org/10.3390/educsci13070682>
- Ng, D. T. K., Chan, E. K. C., & Lo, C. K. (2025). Opportunities, challenges and school strategies for integrating generative AI in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100373. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100373>
- Ramos, E. R., & Peredo, M. (2023). El papel de la tecnología para la mejora de la calidad educativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1018-1027. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i3.6245](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6245)
- Salami, O. O., & Spangenberg, E. D. (2024). Integration of Geogebra Software Into Mathematics Instruction. *Studies in Learning and Teaching*, 5(1), 118-126. <https://doi.org/10.46627/silet.v5i1.343>
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Wardat, Y., Tashtoush, M. A., AlAli, R., & Jarrah, A. M. (2023). ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7), em2286. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13272>

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.  
<https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

Yunianto, W., Galiç, S., & Lavicza, Z. (2024). Exploring Computational Thinking in Mathematics Education: Integrating ChatGPT with GeoGebra for Enhanced Learning Experiences. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(6), 1451-1470.  
<https://doi.org/10.46328/ijemst.4437>