

## Artículo

# Modelos de Lenguaje Amplio (LLM) en la Educación en Ingeniería: Una Revisión Sistemática y Sugerencias para su Adopción Práctica

Stefano Filippi \*  Barbara Motyl 

Departamento Politécnico de Ingeniería y Arquitectura (DPIA), Universidad de Udine, 33100 Udine, Italia; motyl@uniud.it

\* Correspondencia: filippi@uniud.it ; Tel.: +39-0432-558289

**Abstract:** El uso de grandes modelos lingüísticos (LLM) se está extendiendo en diversas áreas de investigación y desarrollo. Este trabajo se centra en la revisión sistemática de la participación de los LLM en la formación en ingeniería. Partiendo de una pregunta de investigación general, se utilizaron dos consultas para seleccionar 370 artículos de la literatura. Tras filtrarlos mediante diversos criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 20 artículos. Estos se investigaron en función de ocho dimensiones para identificar las áreas de las disciplinas de ingeniería que involucran a los LLM, dónde están más presentes, cómo se produce esta participación y qué herramientas basadas en LLM se utilizan, si las hay. Abordar estas cuestiones clave permitió responder a tres preguntas de investigación más específicas, ofreciendo una visión general clara de la participación actual de los LLM en la formación en ingeniería. Los resultados de la investigación proporcionan información sobre el potencial y los desafíos de los LLM en la transformación de la formación en ingeniería, contribuyendo a su implementación futura responsable y eficaz. Los resultados de esta revisión podrían ayudar a determinar las mejores maneras de involucrar a los LLM en las actividades de formación en ingeniería y a medir su eficacia a lo largo del tiempo. Por ello, este estudio aborda sugerencias para mejorar las actividades de formación en ingeniería. La revisión sistemática en que se basa esta investigación se ajusta a las normas de la literatura actual en cuanto a criterios de inclusión/exclusión y evaluación de calidad con el fin de que los resultados sean lo más objetivos posibles y fácilmente replicables.

**Palabras clave:** Educación en ingeniería; grandes modelos lingüísticos (LLM); herramientas basadas en LLM; revisión sistemática; PRISMA



**Citación:** Filippi, S.; Motyl, B. Modelos de lenguaje grandes (LLM) en Educación en ingeniería: una revisión sistemática y sugerencias para su adopción práctica. *Información* **2024**, *15*, 345. <https://doi.org/10.3390/info15060345>

información15060345

Editores académicos: Jui-Long Hung, Xu Du y Juan Yang

Recibido: 22 de abril de 2024

Revisado: 14 de mayo de 2024

Aceptado: 22 de mayo de 2024

Publicado: 12 de junio de 2024



**Derechos de autor:** © 2024 de los autores. Licenciario: MDPI, Basilea, Suiza. Este artículo es de acceso abierto y se distribuye bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introducción

Los modelos de lenguaje grande (LLM) son sistemas de IA que generan texto. Su uso se está extendiendo en diversas áreas de investigación y desarrollo. La literatura sobre implementaciones reales de LLM en actividades cotidianas comenzó a aparecer en 2019, tras la publicación de la primera versión de ChatGPT (GPT-2) [1,2]. Sin embargo, la mayoría de las publicaciones y revisiones sistemáticas sobre LLM y herramientas basadas en LLM comenzaron a estar disponibles en 2023, como se observa en bases de datos como SCOPUS y WOS [3–8] (PRISMA3).

La llegada de los LLM puede considerarse una especie de revolución, tanto a nivel educativo como profesional. Por ello, es fundamental abordarlos correctamente en los cursos universitarios para garantizar que los estudiantes, como futuros profesionales de la ingeniería, puedan abordar estas nuevas tecnologías de forma adecuada y concienzuda, impulsando así la investigación, el desarrollo y la innovación. Como docentes de ingeniería en diferentes niveles (pregrado, posgrado, etc.), hemos estado introduciendo los LLM en nuestros cursos desde 2021, tanto desde una perspectiva teórica como práctica [9,10]. Si bien la ayuda eficaz que brindan los LLM ha sido evidente desde el principio, el enfoque fue inicialmente empírico, ya que no se disponía de directrices de adopción ni de mejores prácticas. En los últimos tres años, se ha generado y puesto a disposición información significativa. Si bien la literatura sobre LLM ofrece las revisiones sistemáticas más citadas, que abarcan áreas como la medicina [5,11], industria o robótica [7,12], y la educación [8,13],

Parece que aún no se han publicado en la literatura revisiones centradas en la participación de los LLM en la formación de ingeniería de pregrado y posgrado. Además, aún faltan sugerencias y directrices sobre las mejores prácticas para involucrar a los LLM en las actividades educativas cotidianas. Todo esto sugiere que deberíamos analizar la literatura centrándonos únicamente en este ámbito. La investigación abarcó varias dimensiones, desde las áreas que involucran a los LLM hasta las disciplinas de ingeniería en las que están más presentes, así como cómo se lleva a cabo esta participación y qué herramientas basadas en LLM se utilizan, si las hay.

Bajo estas premisas, la pregunta inicial de investigación –RQ0– quedó definida de la siguiente manera.

**RQ0.** *¿Cuál es el estado actual de la participación de los LLM en la formación en ingeniería?*

El término "participación" se eligió cuidadosamente, al igual que la generalidad de la pregunta RQ0. Esto buscaba reflejar la presencia de los LLM en las actividades de formación en ingeniería reportadas en la literatura, en la medida de lo posible. El uso de términos como "implementación", "adopción" u otros, o la definición de una pregunta más específica, habría limitado innecesariamente el alcance de la revisión a priori. Decidimos intentar responder a la pregunta RQ0 mediante una revisión sistemática y enfocada.<sup>14</sup>]. Además, dada la disponibilidad de pautas y listas de verificación para hacer que las revisiones sistemáticas sean lo más rigurosas y replicables posible, asignamos esta revisión sistemática a la lista de verificación PRISMA [<sup>15</sup>Por esta razón, las etiquetas con "PRISMA" aparecen a lo largo del artículo. Son referencias a los elementos de la lista de verificación PRISMA, como se indica en el Apéndice.A.

Una vez definida la pregunta general de investigación (RQ0), creamos consultas para la selección de artículos de la literatura, los recopilamos, desarrollamos y aplicamos criterios de inclusión/exclusión, los analizamos y analizamos los datos. Los resultados ofrecen una visión general clara de la participación actual de los LLM en la formación en ingeniería. Estos resultados, a su vez, ayudarán a definir estrategias estructuradas para involucrar a los LLM y medir su eficacia a lo largo del tiempo (PRISMA4). La sección de Discusión también ofrece sugerencias prácticas para involucrar a los LLM en las actividades de formación en ingeniería.

Este artículo comienza con la sección de Materiales y Métodos, que describe los antecedentes y el enfoque de la investigación. Las actividades realizadas como parte de la revisión sistemática se describen en la siguiente sección. A continuación, la sección de Resultados presenta los resultados de la revisión, y la sección de Discusión los analiza críticamente y ofrece sugerencias sobre su uso en los cursos de ingeniería de pregrado y posgrado. La conclusión, que también incluye algunas perspectivas de investigación, cierra el estudio.

## 2. Materiales y métodos

En cuanto a los LLM y las herramientas basadas en ellos, el uso generalizado y la integración ubicua de la inteligencia artificial (IA) son ahora habituales en la vida profesional, educativa y cotidiana. En concreto, dado el enfoque de esta investigación, resulta oportuno profundizar en aspectos relacionados con la IA generativa (GenAI). GenAI es una tecnología de inteligencia artificial que genera contenido en respuesta a indicaciones dentro de interfaces conversacionales en lenguaje natural. A diferencia de los sistemas que se limitan a seleccionar páginas web existentes, GenAI produce contenido completamente nuevo, que abarca diversas formas de representación del pensamiento humano, incluyendo textos, imágenes, vídeos, música y código de software en lenguaje natural. Se entrena con datos de páginas web, conversaciones en redes sociales y medios online, analizando distribuciones estadísticas de palabras, píxeles u otros elementos para identificar y replicar patrones comunes, como las asociaciones de palabras.<sup>2–4</sup>].

Las tecnologías subyacentes a GenAI pertenecen a la familia de aprendizaje automático (ML) de la inteligencia artificial. El ML utiliza algoritmos para mejorar continuamente el rendimiento a través de los datos. Un importante contribuyente a los avances recientes en IA es un tipo de ML conocido como redes neuronales artificiales (RNA). Las RNA se inspiran en el cerebro humano y las conexiones sinápticas entre sus neuronas. Existen varios tipos de RNA. La IA generadora de texto utiliza un tipo especial de RNA llamado transformador de propósito general. Los sistemas de IA generadores de texto se conocen comúnmente como modelos de lenguaje grandes (LLM). Dentro de esta categoría, un tipo específico de LLM conocido como transformador generativo preentrenado (GPT) desempeña un papel central.

Rol. Este es el origen del acrónimo GPT en el nombre ChatGPT. ChatGPT, en concreto, se basa en GPT-3, un producto de OpenAI y la tercera generación de su serie GPT. El primer modelo GPT se lanzó en 2018, y la última versión, GPT-4, se lanzó en marzo de 2023.<sup>1,2</sup>

Actualmente existen varios LLM basados en arquitecturas de transformadores similares a ChatGPT. Entre los ejemplos más destacados se incluye Gemini (anteriormente conocido como Bard) de Google [16], Alpaca por el Centro de Investigación sobre Modelos de Cimentación (CRFM) de la Universidad de Stanford [17], y obtener por deber [18]. Estos modelos suelen estar preentrenados con grandes conjuntos de datos y optimizados para tareas específicas. Cada uno presenta sus propias fortalezas y debilidades, lo que los hace más adecuados para aplicaciones o casos de uso específicos.

### 3. Revisión sistemática

Como se mencionó anteriormente, la planificación de esta revisión sistemática se realizó siguiendo la lista de verificación PRISMA. Esto ayudó a definir el alcance de la revisión sistemática, identificar las preguntas clave de investigación, establecer los criterios de inclusión y exclusión, procesar los datos y formular los resultados. Esta revisión no está registrada (PRISMA 24a). En cuanto a la evaluación del riesgo de sesgo, las consideraciones que llevaron tanto a la primera búsqueda como a la posterior adopción de los criterios de exclusión fueron objetivas y lo suficientemente sólidas como para mantener el riesgo de sesgo lo más bajo posible (PRISMA11). En cuanto al protocolo utilizado, las referencias precisas a la lista de verificación PRISMA que aparecen en las diferentes secciones del estudio destacan que la investigación se realizó con rigor y la hizo replicable por otros investigadores y profesionales (PRISMA 24b, PRISMA24c).

Dos investigadores participaron en las actividades de revisión. Revisaron los registros de forma independiente utilizando hojas de cálculo de Microsoft Excel para el análisis de datos. Al finalizar su trabajo, compararon los resultados y generaron los resultados de la investigación (PRISMA9, PRISMA13a).

La selección/evaluación de los artículos se realizó de la siguiente manera. El 6 de marzo de 2024, se realizaron búsquedas en dos bases de datos, SCOPUS e IEEE X. La búsqueda en la base de datos SCOPUS se realizó mediante la siguiente consulta:

“(TÍTULO-ABS-CLAVE ((chatgpt O bard O gemini O “modelos de lenguaje grandes” O llms) E ingeniería Y educación) E IDIOMA (inglés))”

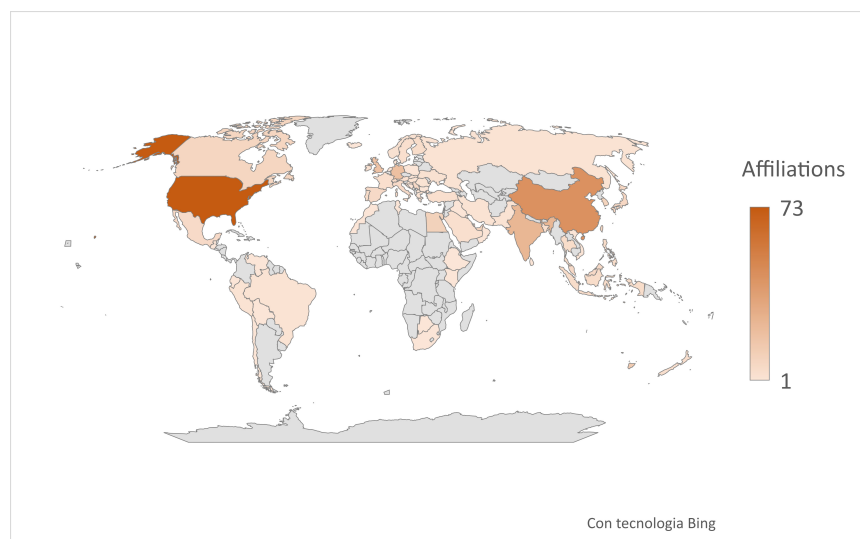
Esta consulta arrojó 202 artículos. Se realizó una búsqueda en la base de datos IEEE X mediante la siguiente consulta:

“(“Todos los metadatos”:ChatGPT O “Todos los metadatos”:Bard O “Todos los metadatos”:GEMINI O “Todos los metadatos”:Llms O “Todos los metadatos”:“modelos de lenguaje grandes”) Y (“Todos los metadatos”:ingeniería) Y (“Todos los metadatos”:educación)”

En este caso, los resultados consistieron en 168 artículos. Por lo tanto, el número total de artículos seleccionados de las dos bases de datos fue de 370 (PRISMA6; PRISMA7). Al eliminar 39 duplicados, el número de artículos se redujo a 331, lo que sirvió de punto de partida para las siguientes actividades. Estos artículos se numeraron para su codificación, y esta codificación se utiliza a continuación.

Antes de pasar a la siguiente etapa, el análisis de contenido, se implementaron los primeros criterios de exclusión (PRISMA5). Inicialmente, del conjunto de 331 artículos, se excluyeron aquellos escritos antes de 2018, año en que aparecieron por primera vez herramientas basadas en LLM como ChatGPT. Este paso redujo el número de artículos a 319. Además, se eliminaron los artículos categorizados como “reseñas de congresos”, “libros” y “editoriales”, lo que resultó en un total de 306 artículos para su posterior análisis.

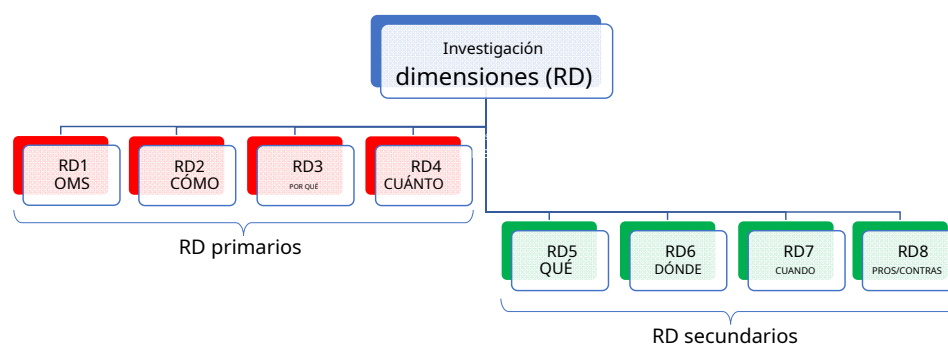
Se realizó un primer análisis de estos 306 artículos. Se consideraron los países a los que pertenecían los autores. El objetivo era comprender la distribución geográfica de la participación de los LLM en actividades de formación en ingeniería a nivel mundial en el momento de la consulta de la base de datos. Los resultados mostraron la prevalencia de EE. UU. (73 afiliaciones), seguida de China (44), India (25), Alemania (20) y el Reino Unido (19). Muchos otros países le siguieron, lo que demuestra una cobertura bastante equitativa. Figura 1 Muestra la cobertura mundial.



**Figura 1.** Cobertura mundial de las afiliaciones de los autores de artículos relacionados de alguna manera con la participación de los LLM en la educación en ingeniería en el momento de la consulta de la base de datos.

A continuación, a partir de estos 306 artículos, se realizó una selección inicial mediante la lectura de títulos, resúmenes y palabras clave (palabras clave de los autores, palabras clave indexadas o términos IEEE). Esta lectura condujo a la definición del segundo criterio de exclusión. Los artículos que no se consideraron centrados en el tema planteado en la RQ0, es decir, el uso de los LLM en la formación de ingeniería, fueron descartados, reduciendo así el número de artículos a 151 (PRISMA16b).

La lectura de los títulos, resúmenes y palabras clave de los 151 artículos ayudó a refinar la pregunta de investigación inicial al distribuir el interés en varios temas, que aquí se denominan dimensiones de investigación (DR). Figura2 muestra los ocho RD considerados en la investigación.



**Figura 2.** Dimensiones de investigación (DR) destacadas durante el análisis de los títulos, resúmenes y palabras clave de los 151 artículos seleccionados.

El <sup>derecha</sup> ~~see~~ <sup>R</sup> ~~Dr~~, <sup>quién</sup> ~~cual~~ como <sup>ort</sup> ~~lo~~ más horizontales posibles entre sí, tenían lo siguiente peculiarit<sup>es</sup> ~~es~~.

- RD1—OMS. Se refiere a los actores en <sup>volviéndose gram</sup> ~~Ybm~~ en <sup>no</sup> ~~engineeri~~ <sup>educati</sup> sobre actividades <sup>gram</sup> ~~educadores~~, <sup>gram</sup> ~~o~~ <sup>gram</sup> ~~cualquier otro~~ <sup>gram</sup> ~~su~~ <sup>gram</sup> ~~apostar~~ <sup>gram</sup> ~~h~~ <sup>gram</sup> ~~viders~~.
- RD2—CÓMO. Esta dimensión representa las maneras en que los LLM participan. Ejemplos de ello — agrupados como actividades de referencia— son las pruebas de uso, los estudios de caso, las propuestas de métodos de uso, etc.
- RD3—POR QUÉ. Describe las razones/objetivos de la participación de los LLM. Algunos ejemplos incluyen desde la mejora de la comprensión hasta el enriquecimiento de la resolución de problemas, la mejora de la docencia, etc.

- RD4—CUÁNTO. Los artículos podrían presentar evaluaciones cualitativas/cuantitativas de la participación de los LLM en tareas o actividades de la formación en ingeniería. Ejemplos de ello son un bajo impacto medido cualitativamente, un alto impacto medido cuantitativamente, etc.
- RD5—QUÉ. Dado que cada día se crean más herramientas basadas en LLM, esta dimensión permite describir, en cada artículo, a quienes participan. Ejemplos de ello son ChatGPT, Bard/Gemini, etc.
- RD6—DÓNDE. Esta dimensión representa los ámbitos de la formación en ingeniería en los que participan los LLM. Ejemplos de estos son la ingeniería de software, la ingeniería mecánica, la ingeniería química, etc.
- RD7—CUÁNDO. Es importante destacar el momento de la trayectoria educativa en el que se involucran los LLM. Esta dimensión permite expresarlo. Ejemplos de ello son los cursos de grado, los cursos de posgrado, etc.
- RD8—VENTAJAS/DESVENTAJAS. Algunos artículos son bastante claros sobre las ventajas y desventajas de la participación de los LLM. Ejemplos de VENTAJAS son una mejor comprensión, la adopción de ejemplos del mundo real y aplicaciones prácticas, etc. Ejemplos de DESVENTAJAS son las respuestas confusas y contradictorias, las inexactitudes en las respuestas, las preocupaciones éticas, etc.

Como primera consecuencia importante de la definición de las dimensiones de investigación (RD), estas permiten refinar la pregunta general de investigación propuesta en la introducción (RQ0). Las RD podrían combinarse lógicamente para obtener preguntas de investigación cuyas respuestas representen mejor la participación de vanguardia de los LLM en la formación en ingeniería. Tres preguntas de investigación más precisas y específicas fueron el resultado de estas consideraciones. Se desarrollaron prestando atención a la combinación de dimensiones «primarias» (RD1 a RD4) con dimensiones «secundarias» (RD5 a RD8) (véase la Figura).<sup>2</sup> La razón de esta clasificación se aclarará a continuación.

La primera pregunta de investigación (PR1) investigó las interacciones entre las personas y los LLM. Esta PR se basó en las PR1 (QUIÉN), PR2 (CÓMO), PR7 (CUÁNDO) y PR8 (VENTAJAS/DESVENTAJAS). La PR1 fue la siguiente:

**Pregunta 1.** *¿Están claros los roles y deberes de las personas con respecto a la participación de los LLM en la educación en ingeniería?*

La segunda pregunta de investigación (RQ2) se refirió a los dominios de ingeniería de la participación de los LLM y sus posibles influencias en las modalidades de dicha participación. La RQ2 se basó en RD2 (CÓMO), RD6 (DÓNDE) y RD7 (CUÁNDO).

**Pregunta 2.** *¿Existe evidencia de relaciones entre las disciplinas de ingeniería y las formas en que los LLM participan en actividades educativas relacionadas?*

Finalmente, la tercera pregunta de investigación (PI3) se centró en las herramientas basadas en el Máster en Derecho (LLM). Abordó posibles sugerencias para su adopción en actividades educativas. La PI3 se basó en las preguntas RD4 (CUÁNTO), RD5 (QUÉ), RD7 (CUÁNDO) y RD8 (VENTAJAS/DESVENTAJAS).

**Pregunta 3.** *¿Es posible obtener indicaciones claras de qué herramientas basadas en LLM deberían utilizarse para mejorar la eficacia de las actividades educativas y las mediciones de impacto?*

Estas nuevas preguntas de investigación ayudarán a formular sugerencias para la mejora de las actividades educativas actuales.

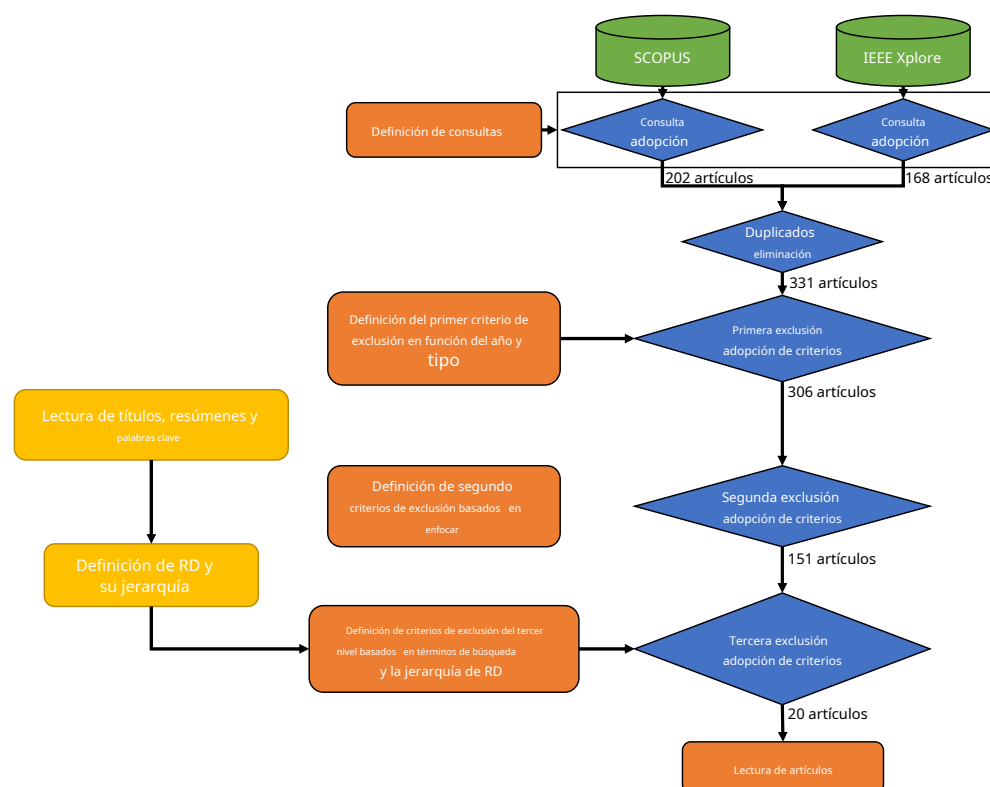
Antes de comenzar a leer el texto completo de los artículos, se implementó un tercer conjunto de criterios de exclusión para centrarse en temas específicos ocasionalmente (PRISMA5; PRISMA8). El primer criterio se refería a las relaciones entre los términos de búsqueda utilizados para la formulación de las consultas. Su objetivo era excluir artículos donde los términos aparecían en el título, el resumen o las palabras clave, pero su significado no pertenecía al ámbito de la investigación. Por ejemplo, los términos "ChatGPT" y "educación en ingeniería" aparecían en uno de los artículos, pero el trabajo se centraba en las formas de detectar y gestionar casos de plagio, y este tema no se abordó aquí; por lo tanto, dicho artículo fue excluido. Además, para filtrar los artículos seleccionados y centrarse aún más en el objetivo de la investigación, se definió una jerarquía para los criterios de selección (RD). OMS (RD1), CÓMO (RD2), POR QUÉ (RD3) y

Las dimensiones CUÁNTO (RD4) se consideraron primarias. Esta decisión se basó en la experiencia de los autores como investigadores y educadores, así como en consideraciones precisas sobre las ocho dimensiones. Por ejemplo, conocer el "quién" (RD1) de involucrar a los LLM en la educación o cómo (RD2) esto sucede se consideró fundamental para comprender el estado del arte y enumerar sugerencias prácticas para mejorar las actividades educativas. Por el contrario, las otras cuatro dimensiones, QUÉ (RD5), DÓNDE (RD6), CUÁNDO (RD7) y PROS/CONTRAS (RD8), se consideraron secundarias. Por ejemplo, saber dónde (RD6) ocurre la participación y cuándo (RD7) ocurre se considera información importante, pero no al mismo nivel que las primeras cuatro dimensiones. En consecuencia, se excluyeron los artículos que no presentaban referencias claras a las cuatro dimensiones principales. Una vez aplicados estos criterios de exclusión, quedaron 20 artículos de los 151. Tabla 1 Contiene los títulos de estos artículos, junto con los códigos numéricos utilizados para representarlos a lo largo de esta investigación.

**Tabla 1.** Los 20 artículos seleccionados con sus códigos de referencia.

Título	Código
Hoja de ruta para la formación en ingeniería de software utilizando ChatGPT [19]	2
ChatGPT como desarrollador web full-stack: primeros resultados [20]	4
Uso de modelos lingüísticos de gran tamaño por parte de los estudiantes en la formación en ingeniería: un estudio de caso sobre la aceptación de la tecnología, las percepciones, la eficacia y las posibilidades de detección [21]	20
Diseño de una hoja de trabajo para utilizar ChatGPT: hacia la mejora de la recuperación de información y las habilidades de juicio [22]	36
Cómo ChatGPT cambiará la educación en ingeniería de software [23]	44
Papel complementario de los modelos de lenguaje de gran tamaño en la formación de estudiantes universitarios en diseño de columnas de destilación: desarrollo de una metodología [24]	94
Aplicación práctica de la IA y los modelos de lenguaje grandes en la educación en ingeniería de software [25]	95
Trabajo en progreso: integración de IA generativa con estrategias de aprendizaje basadas en evidencia en la educación en ciencias de la computación e ingeniería [26]	98
Una perspectiva sobre el potencial sinérgico de la inteligencia artificial y las estrategias de aprendizaje basadas en productos en la educación sobre materiales de base biológica [27]	111
Transformación digital en la educación en ingeniería: explorando el potencial del aprendizaje asistido por IA [28]	126
ChatGPT en el aula. Explorando su potencial y limitaciones en un curso de programación funcional.29]	130
Explorando la aplicación de ChatGPT en la educación en ingeniería mecánica [30]	131
ChatGPT en la evaluación curricular de informática: un análisis de sus éxitos y deficiencias [31]	135
ChatGPT desafía las metodologías de aprendizaje combinado en la educación en ingeniería: un estudio de caso en matemáticas [32]	145
Explorando las percepciones de los estudiantes sobre ChatGPT: análisis temático y encuesta de seguimiento [33]	153
Percepciones de los estudiantes sobre el uso de ChatGPT en una tarea de ensayo universitario: implicaciones para el aprendizaje, la calificación y la confianza en la inteligencia artificial [34]	166
Explorando el uso de modelos de lenguaje grandes (LLMs) en la educación en ingeniería química: construcción de modelos de problemas de cursos centrales con ChatGPT [35]	167
Explorando el papel de los asistentes de IA en la educación en informática: métodos, implicaciones y perspectivas de los instructores [36]	180
Investigación sobre el uso de ejercicios generados por IA para cursos de programación para principiantes e intermedios: un estudio de caso de ChatGPT [37]	230
Introducción explícita de ChatGPT en la práctica de programación del primer año: desafíos e impacto [38]	262

Antes de describir las próximas actividades de investigación, la Figura 3 representa un diagrama de flujo que resume el proceso de búsqueda y selección que condujo al conjunto de datos utilizado en la investigación, desde el uso de las consultas para seleccionar los 370 registros de las bases de datos hasta la selección de los 20 artículos finales (PRISMA 16a).



**Figura 3.**Diagrama de flujo del proceso de búsqueda y selección.

Estos papeles estaban Luego lea atentamente Oh, baño k para correspondencias con los RD (PRISMA10a). Se trataba principalmente de artículos publicados en 2023 (17 artículos) y 2024 (3 artículos), mayoritariamente en actas de congresos (10 artículos) o en revistas científicas indexadas (10 artículos). Describían principalmente experiencias relacionadas con la formación en ingeniería en el ámbito de las TI, centrándose en cursos de ingeniería de software (9 artículos), ingeniería eléctrica/electrónica (4) o ingeniería química (3). Había muy pocos trabajos relacionados con otras ingenierías (4). Los artículos buscaban comprender la influencia que el uso de herramientas GenAI, principalmente ChatGPT, puede tener en entornos educativos. Once artículos también incluían un componente de investigación de las opiniones de diferentes usuarios mediante cuestionarios. En particular, muchos artículos abordaban la posibilidad de utilizar LLM para ejercicios relacionados con la programación y la producción de código, evaluando la situación antes y después de la introducción de nuevas herramientas basadas en LLM o evaluando la fiabilidad de la resolución de ejercicios asignados durante las clases. Algunos artículos también evaluaban el grado de fiabilidad y la corrección de las soluciones obtenidas. En algunos trabajos, principalmente relacionados con asignaturas no informáticas, se evaluó la posibilidad de utilizar herramientas basadas en LLM para la producción de textos y la exploración a fondo de temas de interés (producción de ensayos), evaluando así la fiabilidad de la información obtenida. Varios trabajos presentaron, de diferentes maneras, las posibles ventajas y desventajas de la introducción y el uso de estas herramientas. En algunos casos, las observaciones provinieron tanto de la perspectiva de estudiantes como de docentes.

A continuación se relacionaron en detalle los ocho RD con las peculiaridades de los 20 artículos (PRISMA17).

### 3.1. RD1—OMS

La dimensión OMS permitió codificar si los actores que involucraban a los LLM en actividades educativas eran estudiantes, educadores u otros. Además, para estos roles, se evaluó si la participación en las experiencias descritas fue directa o indirecta. Como se muestra en la Tabla 2, 12 de los 20 trabajos mostraron la participación activa de los estudiantes en,



Por ejemplo, la realización de actividades o tareas de codificación durante las clases o en casa. Otros siete artículos informaron de la participación indirecta de los estudiantes; por ejemplo, los ejercicios que normalmente se les asignaban se realizaban con herramientas basadas en LLM. En cinco artículos, se observó la participación indirecta de los educadores en las experiencias, ya que estos trabajos sugirieron enfoques metodológicos o les brindaron asesoramiento sobre el uso de estas herramientas en sus cursos. En un solo estudio, se observó la participación directa del componente docente mediante entrevistas.

**Tabla 2.** Artículos que hacen referencia a RD1—OMS.

RD1—OMS			
Estudiantes		Educadores	
Directo	Indirecto	Directo	Indirecto
4, 20, 36, 95, 98, 131, 135, 145, 153, 166, 167, 262	2, 44, 94, 111, 126, 130, 230	180	2, 44, 94, 111, 126

### 3.2. RD2—CÓMO

La dimensión CÓMO se refiere a la manera en que los LLM participan en la educación. Para facilitar un análisis comparativo, los matices encontrados en los artículos se agruparon en tipos de actividades de referencia, como se muestra en la Tabla.3 Las experiencias de uso se refirieron principalmente a pruebas de uso de herramientas basadas en LLM (11 artículos), la propuesta de métodos de uso y directrices (14 artículos), el desarrollo de proyectos (3 artículos), el desarrollo de herramientas específicas (1 artículo) o la descripción de casos de estudio (4 artículos). Las pruebas de uso se refirieron principalmente al desarrollo de código o la resolución de ejercicios de programación en diferentes lenguajes (a veces problemas matemáticos). Las propuestas de métodos de uso también se refirieron a directrices como dividir las solicitudes en partes más pequeñas, verificar la información recopilada, capacitar a educadores y estudiantes antes del uso, etc. Algunos de los 20 artículos describieron el tipo de estrategia instruccional utilizada. Por ejemplo, el artículo 98 se refirió al uso de prácticas de "aprendizaje basado en evidencia" que enfatizaron la importancia de definir bien los objetivos de aprendizaje para obtener el nivel deseado de comprensión y logro del estudiante. El artículo 111 informó sobre el uso de ChatGPT dentro de una estrategia de lecciones de aprendizaje basadas en productos; específicamente, esta herramienta se utilizó para apoyar la fase de generación de conceptos, producir textos científicos para comprender mejor los temas y proponer soluciones innovadoras. Otros artículos recomendaron que, antes de usar ChatGPT para realizar ciertas tareas, es importante capacitar a los estudiantes sobre los temas básicos. Un ejemplo es el caso del artículo 94, relacionado con el campo químico, donde los autores sugirieron capacitar a los estudiantes sobre temas de "transferencia de masa" antes de usar ChatGPT para desarrollar proyectos específicos de diseño químico. Además, el artículo 153 enfatizó la importancia de saber cómo hacer preguntas apropiadas y tener una formación adecuada en el campo de estudio relevante para interactuar eficazmente con ChatGPT. Finalmente, otros artículos, como los artículos 94 y 167, recomendaron que los educadores reconsideraran la estructura de sus clases para introducir el uso de herramientas basadas en LLM, especialmente al abordar problemas complejos.

**Tabla 3.** Artículos que hacen referencia a RD2—CÓMO.

RD2—CÓMO				
Pruebas de uso	Método de uso Propuestas	Trabajo de proyecto Desarrollador.	Desarrollar herramientas	Estudios de caso
44, 98, 126, 130, 131, 135, 145, 153, 166, 230, 262	2, 4, 20, 44, 94, 98, 111, 126, 135, 153, 166, 167, 180, 230	4, 95, 167	36 (hoja de trabajo)	20, 94, 111, 167



3.3. RD3—POR QUÉ

La dimensión POR QUÉ mostró las razones/objetivos de la participación de los LLM. De nuevo, se intentó distribuir los 20 artículos en varias categorías, como se indica en la Tabla4En todos los artículos, los LLM se utilizaron para la creación de contenido diferente, por ejemplo, para generar código en diferentes lenguajes de programación, para producir ensayos sobre temas específicos y para crear ejercicios ad hoc para la enseñanza. Doce artículos también informaron la mejora de la comprensión de ciertos temas de aprendizaje como motivación para su uso. Nueve artículos destacaron el enriquecimiento de la resolución de problemas para diferentes tipos de problemas que eran relevantes para la informática, la química y la mecánica. Seis artículos investigaron la posibilidad de mejorar el pensamiento crítico, mientras que otros cinco investigaron el enriquecimiento del aprendizaje personalizado. Trece artículos verificaron la posibilidad de utilizar los LLM para mejorar la enseñanza en general. Finalmente, dos artículos informaron razones relacionadas con la posibilidad de desarrollar proyectos en equipos colaborativos.

Tabla 4.Artículos que hacen referencia a RD3—POR QUÉ.

RD3—POR QUÉ						
Creación de Contenido	Mejorar Comprensión	Enriquecer problema Resolviendo	Mejorar Crítico Pensamiento	Enriquecer Personalizado Aprendiendo	Desarrollar Enseñanza Realce	Desarrollar Colaborativo Proyectos
2, 4, 20, 36, 44, 94, 95, 98, 111, 126, 130, 131, 135, 145, 153, 166, 167, 180, 230, 262	2, 20, 36, 94, 95, 98, 111, 126, 131, 153, 166, 167	2, 4, 44, 94, 95, 98, 131, 145, 167	36, 94, 98, 111, 131, 145	20, 94, 131, 153, 166	2, 20, 44, 94, 98, 111, 126, 130, 166, 167, 180, 230, 262	4, 135

3.4. RD4—CUÁNTO

La dimensión CUÁNTO se refería a evaluaciones cualitativas/cuantitativas del impacto de la participación de los LLM en las actividades de formación en ingeniería. Cualitativamente, se consideraron todos los enfoques que no se centraban en datos numéricos, sino en las observaciones de los autores o en la recopilación de opiniones de los usuarios, como en el artículo 98, donde se hizo referencia a la recopilación de la opinión de los estudiantes mediante cuestionarios sencillos basados en preguntas abiertas que reflejaban sus opiniones personales, o en el artículo 153, donde se presentó un análisis temático de las percepciones de los estudiantes. Solo algunos de los artículos seleccionados presentaron evaluaciones cuantitativas, como se muestra en la Tabla 1.5Los únicos artículos que lo hicieron utilizaron principalmente cuestionarios administrados a los estudiantes. En algunos casos, por ejemplo, en el artículo 20, estos cuestionarios se implementaron antes y después del uso de herramientas basadas en LLM para realizar ciertas tareas. En los artículos 135 y 262, se utilizaron evaluaciones cuantitativas para comparar grupos de personas que utilizaron y no utilizaron herramientas basadas en LLM. Tabla5 También destaca el momento de recolección de datos al especificar “pre” (antes del uso de los LLM), “post” (después) o “pre-post” (antes y después) para cada artículo.

Tabla 5.Artículos que hacen referencia a RD4—CUÁNTO.

RD4—CUÁNTO	
Evaluación cualitativa.	Evaluación cuantitativa.
2 (publicación), 4 (publicación), 36 (publicación), 44 (publicación), 94 (publicación), 95 (post), 98 (pre), 111 (post), 126 (post), 130 (pre), 131 (pre), 145 (post), 153 (pre-post), 167 (publicación), 180 (previa), 230 (publicación), 262 (publicación)	20 (antes y después), 135 (después), 166 (después), 262 (después)

### 3.5. RD5—QUÉ

La dimensión QUÉ permite describir las herramientas basadas en LLM disponibles día a día y adoptadas artículo por artículo, si las hubiera. Todas las experiencias descritas en los artículos seleccionados se centraron en el uso de ChatGPT en diferentes versiones, principalmente la 3 o 3.5 y, en algunos casos, la 4. Tabla 6 Especifica la versión de cada artículo, si esta información estaba disponible. Solo un artículo funcionó con otras herramientas basadas en LLM: Bard, DALL-E, Bing Images y Stable Diffusion.

**Tabla 6.** Artículos que hacen referencia a RD5—QUÉ.

RD5—QUÉ	
ChatGPT	Otros
2, 4 (ver. 3.5 y ver. 4), 20, 36, 44, 94 (ver. 3.5), 95, 98, 111 (ver. 4), 126 (ver. 3.5), 130 (ver. 3.5), 131, 135, 145 (ver. 3.5 y ver. 4), 153, 166, 167 (ver. 3.5), 180, 230 (ver. 3), 262	95 (Bard, DALL-E, Bing Images, Difusión estable)

### 3.6. RD6—DONDE

La dimensión WHERE describe los dominios de ingeniería en los que se desarrolló la maestría en derecho. La lectura de los artículos reveló que las descripciones de experiencias se encontraron predominantemente en ingeniería de software y ciencias de la computación (nueve artículos), seguidas de ingeniería eléctrica/electrónica (cuatro artículos) e ingeniería química (tres artículos). Solo dos artículos hicieron referencia a estudios en ingeniería mecánica. Dos artículos hicieron referencia a otros campos: ingeniería industrial e ingeniería aeroespacial. Tabla 7 informa todo esto.

**Tabla 7.** Documentos que hacen referencia a RD6—DONDE.

RD6—DÓNDE				
Software Ing./Informática Ciencia	Eléctrico/ Ingeniería Electrónica	Ingeniería Química	Ingeniería Mecánica	Otros ingleses
2, 4, 44, 95, 98, 130, 135, 180, 262	36, 126, 153, 230	94, 111, 167	20, 166	131 (industriales inglés), 145 (Ingeniería aeroespacial)

### 3.7. RD7—CUÁNDO

En cuanto a la dimensión CUÁNDO, que representa el momento de la trayectoria educativa en el que se incorporó el Máster en Derecho (LLM), la mayoría de las experiencias reportadas en los artículos se referían al nivel de pregrado (16 artículos). Solo cuatro artículos se refieren al nivel de posgrado. Cabe destacar que, en algunos casos, se consideraron las experiencias de estudiantes de ambos niveles, como en los artículos 36, 98 y 230 (véase la Tabla 8).

**Tabla 8.** Artículos que hacen referencia a RD7—CUÁNDO.

RD7—CUÁNDO	
De licenciatura	Graduado
4, 36, 94, 95, 98, 126, 130, 131, 135, 145, 153, 166, 167, 180, 230, 262	20, 36, 98, 230

### 3.8. RD8—VENTAJAS/DESVENTAJAS

La dimensión PROS/CONTRAS consideró las ventajas y desventajas de la participación de los LLM, reportadas en los artículos analizados. Algunos de ellos fueron bastante claros sobre las ventajas y desventajas. Estas se presentan en las Tablas 9 y 10, respectivamente.

**Tabla 9.** Ventajas en los artículos que hacen referencia a RD8: PROS/CONTRAS.

RD8—VENTAJAS/DESVENTAJAS	
Papeles	Ventajas
2, 20, 44, 94, 126, 131, 153, 166, 167, 262	Mayor comprensión de diferentes conceptos o temas
2, 94, 131	Adopción de ejemplos del mundo real y aplicaciones prácticas
2, 94, 145, 262	Aprendizaje iterativo y guiado
2, 20, 94, 111, 145, 262	Retroalimentación instantánea
2, 94, 153	Aumento del compromiso y la motivación de los estudiantes
2, 20, 111	Colaboración entre pares e intercambio de conocimientos
4, 98, 135	Desarrollo de código en diferentes lenguajes de programación
20, 44	Mejor desempeño de tareas en diferentes asignaciones
2, 20, 44, 94, 166, 167, 180, 230	Apoyo a los educadores en la organización de la enseñanza
111, 145, 167, 262	Mejorar la resolución de problemas y el pensamiento crítico.

**Tabla 10.** Contras en los artículos que hacen referencia a RD8: PROS/CONTRAS.

RD8—VENTAJAS/DESVENTAJAS	
Papeles	Contras
4, 98	Dificultades en el manejo de errores de código
4, 20, 36, 94, 95, 98, 126, 131, 145, 153, 166, 230, 262	Respuestas confusas y contradictorias, inexactitudes en las respuestas
44	Uso no supervisado por parte de estudiantes
20	Inexactitud de las fuentes bibliográficas
20, 94, 111, 145	Preocupaciones éticas y uso responsable
111, 130, 135, 145	Plagio

#### 4. Resultados

Los resultados de la revisión fueron los siguientes (PRISMA23a). Con base en los datos exhaustivos recopilados del análisis de los 20 artículos seleccionados (Tabla1) y se resumen en Tablas2–10En relación con las ocho dimensiones de investigación (DR), las siguientes reflexiones brindan conocimientos más profundos sobre las preguntas de investigación RQ1 a RQ3, que se plantearon para investigar la participación actual de los LLM en la educación en ingeniería.

En referencia a la pregunta 1, “¿Son claros los roles y deberes de las personas con respecto a la participación de los LLM en la educación en ingeniería?”, se involucraron cuatro dimensiones.

- RD1—QUIÉN: Esto indicó que tanto estudiantes como docentes participaron en las actividades del Máster en Derecho, con distintos grados de participación directa e indirecta. Por ejemplo, como se muestra en la Tabla2Los trabajos 4, 20, 36, 95, 98, 131, 135, 145, 153, 166, 167 y 262 mostraron la participación activa de los estudiantes en actividades o tareas de codificación durante las clases o en casa. Esto demostró su implicación directa en las actividades del Máster en Derecho.
- RD2—CÓMO: Describió los tipos de actividades que involucran a los LLM, como las pruebas de uso y las propuestas de métodos, pero no especificó directamente las funciones ni las responsabilidades. Por ejemplo, al observar la Tabla3Artículos como los 2, 4, 20, 44, 94, 98, 111, 126, 130, 135, 153, 166, 167, 180 y 230 propusieron métodos de uso y pautas para las herramientas LLM y sugirieron roles para los educadores en la implementación de estos métodos dentro de sus cursos.
- RD7—CUÁNDO: Esto especificó el momento en el camino educativo en el que ocurre la participación en el LLM, ya que puede influir en la claridad de los roles y deberes en diferentes

etapas de la educación. Por ejemplo, refiriéndose a la Tabla 8, artículos como los 4, 36, 94, 95, 98, 126, 130, 131, 135, 145, 153, 166, 167, 180, 230 y 262 se centraron en experiencias de nivel de pregrado, indicando el momento en la trayectoria educativa en el que se produce la participación en el LLM.

- RD8—VENTAJAS/DESVENTAJAS: Esto proporcionó información sobre las ventajas y desventajas asociadas con la participación en un Máster en Derecho (LLM), ya que reflejan indirectamente roles y responsabilidades, como la confusión causada por respuestas contradictorias. Por ejemplo, como se muestra en la Tabla 10, artículos como el 4 y el 98 informaron dificultades en el manejo de errores de código como una desventaja de la participación en LLM, lo que puede indicar roles poco claros en la supervisión del uso de LLM.

En resumen, el análisis reveló diversos niveles de participación entre estudiantes y docentes en las actividades del Máster en Derecho (LLM). Algunos trabajos muestran una participación directa en ejercicios o tareas de codificación, mientras que otros muestran una participación indirecta a través de orientación o asesoramiento metodológico. Estos hallazgos subrayan la complejidad de los roles y responsabilidades en el contexto de la formación en ingeniería, lo que sugiere la necesidad de una delimitación y comunicación más clara de las funciones para optimizar la integración del LLM en las prácticas educativas.

En relación con la pregunta 2, “¿Existe evidencia de relaciones entre las disciplinas de ingeniería y las formas en que los LLM participan en las actividades educativas relacionadas?”, se involucraron tres dimensiones.

- RD2—CÓMO: Esto indicó los tipos de actividades que involucran a los LLM en diferentes disciplinas de ingeniería, revelando posibles patrones en su utilización. Por ejemplo, los artículos enumerados en la Tabla 3, como 44, 98, 126, 130, 131, 135, 145, 153, 166, 230 y 262, se centraron principalmente en pruebas del uso de herramientas basadas en LLM, mientras que artículos como 2, 4, 20, 44, 94, 98, 111, 126 y 230 propusieron enfoques metodológicos que indicaban las formas en las que los LLM estaban involucrados en diferentes disciplinas de ingeniería.
- RD6—DÓNDE: Esto identificó los dominios de ingeniería donde los LLM participaron, ya que esto podría influir en los tipos de actividades observadas. Por ejemplo, en la Tabla 7 observamos que los artículos de ingeniería de software/ciencias de la computación (por ejemplo, los artículos 2, 4, 44, 95, 98, 130, 135, 180 y 262) involucraban predominantemente actividades de LLM.
- RD7—CUÁNDO: Esto especifica el momento de la trayectoria educativa en el que se realiza la participación en el Máster de Derecho (LLM), ya que esto también podría influir en los tipos de actividades observadas en las disciplinas de ingeniería. Por ejemplo, en referencia a la Tabla 8 artículos como 4, 36, 94, 95, 98, 126, 130, 131, 135, 145, 153, 166, 167, 180, 230 y 262 se centraron en experiencias de nivel de pregrado, mostrando el momento de la participación del LLM en la educación en ingeniería.

Para sintetizar los hallazgos, se observaron patrones discernibles en cuanto al uso de los LLM en diversas disciplinas de ingeniería: algunas disciplinas priorizan las pruebas de uso o las propuestas de métodos, mientras que otras priorizan los estudios de caso o el desarrollo de proyectos. Estas tendencias sugieren que el enfoque específico de las actividades educativas dentro de cada disciplina influye en la forma en que se incorporan los LLM, lo que destaca la importancia de adaptar las estrategias de integración de LLM a las necesidades y objetivos específicos de cada disciplina.

Finalmente, en relación a la pregunta RQ3, “¿Se pueden obtener indicaciones claras de qué herramientas basadas en LLM se deben utilizar para mejorar la eficacia de las actividades educativas y de las mediciones de impacto?”, se involucraron cuatro dimensiones.

- RD4—CUÁNTO: Se examinaron las evaluaciones del impacto de la participación de los LLM, lo que permitió comprender la eficacia de diferentes herramientas. Por ejemplo, los artículos 2, 4, 20, 36, 44, 94, 95, 98, 111, 126, 130, 131, 145, 153, 167, 180, 230 y 262, que se enumeran en la Tabla 5, proporcionan evaluaciones cualitativas de la participación en LLM y ofrecen información sobre la eficacia de las herramientas basadas en LLM.
- RD5—QUÉ: Describe las herramientas específicas basadas en el Máster en Derecho (LLM) que se utilizan, ya que pueden fundamentar las decisiones sobre la selección de herramientas para mejorar las actividades educativas. Por ejemplo, en la Tabla 6, vemos que ChatGPT, particularmente las versiones 3 y 3.5, fue la herramienta basada en LLM predominante utilizada en los artículos analizados (por ejemplo, artículos 2, 4, 20, 36, 44, 94, 95, 98, 111, 126, 130, 131, 135, 145, 153, 166, 167, 180, 230 y 262).

- RD7—CUÁNDO: Esto especificó el momento de la trayectoria educativa en el que se involucró el Máster en Derecho (LLM), ya que podría influir en la eficacia y el impacto de las herramientas basadas en el LLM en las diferentes etapas educativas. Por ejemplo, en referencia a la Tabla8, artículos como los 20, 36, 98 y 230 se centraron en experiencias de nivel de posgrado, indicando el momento de la participación del LLM para la medición del impacto en diferentes niveles educativos.
- RD8—VENTAJAS/DESVENTAJAS: Se consideraron las ventajas y desventajas asociadas con la participación en un Máster de Derecho (LLM), brindando información sobre qué aspectos de los LLM contribuyeron a la medición de la efectividad y el impacto. Por ejemplo, artículos como los 2, 20, 44, 94, 126, 131, 153, 166, 167 y 262, que se enumeran en la Tabla9, destacó ventajas como una mejor comprensión y participación, y brindó indicaciones sobre la efectividad de ciertos aspectos de la participación en el LLM.

En conclusión, el análisis arrojó información sobre la eficacia de herramientas específicas basadas en el LLM para optimizar las actividades educativas y medir su impacto. Algunas herramientas demostraron ventajas como una mayor participación estudiantil, mejores habilidades de resolución de problemas y un mayor rendimiento en las tareas. Estos hallazgos ofrecen una valiosa guía para educadores y legisladores que buscan optimizar los resultados educativos mediante la selección e implementación informadas de herramientas basadas en el LLM, enfatizando la importancia de considerar tanto el contexto pedagógico como los objetivos educativos deseados.

## 5. Discusión

Como primer punto de discusión, para seguir la lista de verificación PRISMA en la medida de lo posible, cabe mencionar que la calidad de la evidencia en los estudios incluidos en la revisión varió de «muy baja» a «alta», dependiendo de varios factores. Por ejemplo, principalmente en los artículos pertenecientes a actas de congresos, debido al reducido número de páginas permitido, las descripciones de las experiencias fueron bastante esenciales; por lo tanto, en este caso, la calidad de la evidencia debe considerarse «muy baja» o «baja». Por el contrario, los artículos publicados en revistas suelen ser completos y más detallados, por lo que su calidad puede considerarse «alta» (PRISMA23b).

También se pueden destacar algunas limitaciones de la revisión. En primer lugar, dado que el ámbito de la investigación evoluciona rápidamente, existe el riesgo de que los resultados queden obsoletos en un futuro próximo. De hecho, cabe mencionar que este resultado es válido en el momento de las consultas (6 de marzo de 2024). Además, la literatura permite describir la situación en el momento de la redacción de los artículos; por lo tanto, podemos asumir un retraso de varios meses con respecto a la situación actual, lo cual es mucho tiempo considerando la rápida evolución del campo de la IA. En el momento de la lectura de este artículo, algunos problemas destacados por esta investigación podrían haberse resuelto en nuevas versiones de los LLM. Además, la novedad de la difusión de los LLM requiere algún tipo de escasez relacionada con la disponibilidad de información, las diferentes herramientas basadas en LLM involucradas (solo una, hasta ahora) o la variedad de disciplinas de ingeniería donde los LLM están involucrados actualmente (PRISMA23c).

Además, esta investigación permitió la identificación de algunas brechas en la educación en ingeniería y en la participación de las herramientas basadas en LLM dentro de los cursos; estas brechas son donde se necesita más investigación. Por ejemplo, la investigación actual carece de conocimiento en el desarrollo y evaluación de enfoques pedagógicos específicos para involucrar a los LLM en actividades de educación en ingeniería. Hay pocos ejemplos detallados de la integración de herramientas basadas en LLM en diferentes disciplinas de ingeniería y niveles de curso. Además, no hay ejemplos de evaluaciones del impacto de la participación de las herramientas basadas en LLM en el compromiso, la participación y la interacción de los estudiantes en los cursos de ingeniería. También hay algunos artículos que exploraron el potencial de las herramientas basadas en LLM para personalizar y adaptar las experiencias de aprendizaje para estudiantes individuales en cursos de ingeniería o para ayudar a los educadores a hacer el mejor uso de estas herramientas.

Los resultados de esta revisión ofrecen posibilidades de adopción práctica y sugieren futuras líneas de investigación. Dado que la propuesta de sugerencias prácticas para la aplicación de los LLM en la formación en ingeniería fue uno de los objetivos de esta investigación, como se afirma en el resumen, el siguiente texto se centra en ello (PRISMA23d). Tabla11 enumera sugerencias para

Mejorar la eficacia de la participación de los LLM en la formación de ingeniería, garantizando al mismo tiempo un enfoque responsable y ético. Si bien cada sugerencia proviene de una pregunta de investigación específica, como es fácil de reconocer, esta información se considera inútil cuando un docente la utiliza para mejorar sus actividades educativas; por lo tanto, no aparece en la lista.

**Tabla 11.** Sugerencias para mejorar las actividades de formación en ingeniería a través de la participación en LLM.

#	Sugerencia
1	Aclarar roles y responsabilidades: definir claramente los roles y responsabilidades tanto de los estudiantes como de los educadores en LLM actividades para garantizar una integración efectiva en las prácticas educativas
2	Estrategias de integración a medida: adapte las estrategias de integración de LLM a las necesidades y objetivos específicos de la disciplina teniendo en cuenta Enfoque educativo diferenciado y cronograma de participación en diferentes disciplinas de ingeniería
3	Utilice herramientas eficaces basadas en LLM: explore y utilice herramientas eficaces basadas en LLM, como ChatGPT versiones 3 y 3.5, para Mejorar las actividades educativas y medir el impacto de manera eficaz
4	Fomentar la participación directa: fomente la participación directa de los estudiantes en ejercicios o tareas de codificación aprovechando Los LLM como herramientas para el aprendizaje activo, el pensamiento crítico y la resolución de problemas
5	Proporcionar orientación metodológica: Ofrecer orientación metodológica y asesoramiento a los educadores sobre la Implementación de herramientas LLM dentro de sus cursos, asegurando la consistencia y claridad en su uso.
6	Considere el contexto pedagógico: Considere el contexto pedagógico y los objetivos educativos deseados al seleccionar e implementar herramientas basadas en LLM, asegurando la alineación con los resultados del aprendizaje
7	Abordar los desafíos: Abordar los desafíos asociados con la participación en LLM, como las dificultades para manejar errores de código. o confusión debido a respuestas contradictorias, a través de intervenciones específicas y mecanismos de apoyo
8	Manténgase actualizado: Manténgase actualizado sobre las tendencias emergentes y los avances en la tecnología LLM y las prácticas educativas y Adaptar las estrategias de integración en consecuencia para seguir siendo relevantes y eficaces.
9	Fomentar la colaboración: fomentar la colaboración y el intercambio de conocimientos entre estudiantes a través de la colaboración entre pares. actividades facilitadas por herramientas LLM, promoviendo un ambiente de aprendizaje colaborativo
10	Evaluar el impacto: evaluar continuamente el impacto de la participación en el LLM en las actividades educativas y los resultados de los estudiantes utilizando medidas cualitativas y cuantitativas para informar las mejoras y optimizaciones continuas.

Al implementar estas sugerencias, los educadores pueden mejorar sus actividades en la educación en ingeniería aprovechando los LLM como herramientas valiosas para facilitar el aprendizaje, promover la participación y lograr objetivos educativos de manera efectiva.

## 6. Conclusiones

La investigación descrita en este estudio tuvo como objetivo revisar sistemáticamente la literatura existente sobre la participación de los LLM en la formación en ingeniería, centrándose en cómo mejorar las actividades educativas en diferentes niveles, utilizando a diferentes actores en diferentes áreas de la ingeniería y con las herramientas basadas en LLM que se van poniendo a disposición con el tiempo. A pesar del número relativamente pequeño de artículos analizados, lo cual se consideró una limitación, se obtuvieron resultados interesantes. Si bien los LLM se popularizaron hace solo unos años, el material recopilado aquí permitió presentar algunas sugerencias prácticas que fuimos los primeros en implementar en nuestros cursos de pregrado y posgrado.

Tanto las limitaciones de la investigación como las lagunas destacadas por la revisión sistemática, como se describe en la sección Discusión, proporcionan información valiosa sobre posibles áreas para la exploración futura.

En cuanto a las limitaciones de esta investigación, para evitar la obsolescencia y apoyar la actualización de los resultados, se sugiere evaluar las herramientas emergentes de LLM en diferentes disciplinas para comprender su eficacia y limitaciones. La creación de repositorios dedicados a herramientas basadas en LLM podría ayudar a abordar la escasez de información. Identificar nuevas disciplinas de ingeniería para aplicaciones de LLM es crucial, junto con evaluar su impacto. Se pueden realizar estudios de investigación longitudinales para investigar el impacto a largo plazo de la integración de LLM y herramientas basadas en LLM en la formación de ingeniería sobre los resultados de aprendizaje de los estudiantes y la preparación profesional.

y el éxito posgraduado mediante el seguimiento del rendimiento académico, los logros profesionales y las actitudes de los estudiantes hacia la IA a lo largo del tiempo. El objetivo de seguir la lista de verificación PRISMA en esta investigación fue también dotarla de robustez y replicabilidad, de modo que se puedan realizar revisiones similares para mantener los resultados actualizados con la evolución del campo de la IA.

Considerando las brechas, se podría profundizar en el estudio de estrategias de enseñanza, actividades de aprendizaje y métodos de evaluación que aprovechen eficazmente los LLM para mejorar los resultados de aprendizaje de los estudiantes. Además, se puede prestar especial atención a la descripción del diseño de módulos o tareas curriculares que incorporen herramientas basadas en LLM para apoyar diversas disciplinas de ingeniería. Asimismo, se podría considerar cómo las actividades basadas en LLM influyen en la motivación, la colaboración y las experiencias de aprendizaje entre pares de los estudiantes dentro del aula. Finalmente, también es importante abordar las necesidades de desarrollo profesional de los docentes de ingeniería para integrar eficazmente las herramientas basadas en LLM en sus prácticas docentes y mejorar su competencia pedagógica y confianza en el uso de tecnologías de IA mediante la capacitación, los recursos y el soporte técnico.

Desde una perspectiva de investigación general, fomentar la colaboración entre investigadores de la formación en ingeniería, expertos en IA, diseñadores instruccionales y profesionales de la industria podría facilitar enfoques interdisciplinarios para explorar el potencial de las herramientas basadas en LLM en la formación en ingeniería. Esto podría conducir a soluciones innovadoras que aborden los complejos desafíos y oportunidades en la intersección de la IA y la pedagogía de la ingeniería. Además, incorporar la opinión de los usuarios es esencial para mejorar la usabilidad de las herramientas basadas en LLM. Finalmente, investigar los sesgos, las preocupaciones sobre la privacidad y el impacto social de la adopción de LLM es imperativo para una implementación ética y responsable.

**Contribuciones del autor:** Los dos autores (SF y BM) trabajaron por igual en todas las partes de la investigación y secciones del artículo. Todos los autores leyeron y aceptaron la versión publicada del manuscrito.

**Fondos:** Esta investigación no recibió financiación externa.

**Declaración de la Junta de Revisión Institucional:** No aplicable.

**Declaración de consentimiento informado:** No aplicable.

**Declaración de disponibilidad de datos:** Respecto a la disponibilidad de material para replicar las actividades de investigación, en esta investigación no se generaron conjuntos de datos (PRISMA27).

**Conflictos de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

**Apéndice A. Lista de verificación PRISMA**

MesaA1 Contiene la lista de verificación PRISMA como en [15]. Las etiquetas en la tabla son las utilizadas a lo largo del documento para resaltar el rigor de la investigación que se ha realizado.

**Tabla A1.** Lista de verificación PRISMA [15].

Sección	Tema	Artículo	Etiqueta
Título	Título	Identifique el informe como una revisión sistemática.	PRISMA1
Abstracto	Abstracto	Consulte la lista de verificación de resúmenes de PRISMA 2020.	PRISMA2
Introducción	Razón fundamental	Describa la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente.	PRISMA3
	Objetivos	Proporcione una declaración explícita de los objetivos o preguntas que aborda la revisión.	PRISMA4
Métodos	Criterios de elegibilidad	Especifique los criterios de inclusión y exclusión para la revisión y cómo se agruparon los estudios para las síntesis.	PRISMA5
	Fuentes de información	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otras fuentes consultadas para identificar estudios. Indique la fecha de la última consulta o búsqueda de cada fuente.	PRISMA6



Tabla A1. Continuar.

Sección	Tema	Artículo	Etiqueta
	Estrategia de búsqueda	Presentar las estrategias de búsqueda completas para todas las bases de datos, registros y sitios web, incluidos los filtros y límites utilizados.	PRISMA7
	Proceso de selección	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumplió con los criterios de inclusión de la revisión, incluido cuántos revisores examinaron cada registro y cada informe recuperado, si trabajaron de forma independiente y, si corresponde, detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	PRISMA8
	Proceso de recopilación de datos	Especifique los métodos utilizados para recopilar datos de los informes, incluido cuántos revisores recopilaron datos de cada informe, si trabajaron de forma independiente, cualquier proceso para obtener o confirmar datos de los investigadores del estudio y, si corresponde, detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	PRISMA9
	Elementos de datos	Enumere y defina todos los resultados para los que se buscaron datos. Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio de resultados en cada estudio (p. ej., para todas las medidas, puntos temporales y análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir qué resultados recopilar.	PRISMA10a
		Enumere y defina todas las demás variables para las que se solicitaron datos (p. ej., características de los participantes y de la intervención, fuentes de financiación). Describa cualquier suposición realizada sobre la información faltante o poco clara.	PRISMA10b
	Evaluación del riesgo de sesgo del estudio	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo en los estudios incluidos, incluidos los detalles de las herramientas utilizadas, cuántos revisores evaluaron cada estudio y si trabajaron de forma independiente y, si corresponde, detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	PRISMA11
	Medidas de efecto	Especifique para cada resultado las medidas de efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados.	PRISMA12
	Métodos de síntesis	Describa los procesos utilizados para decidir qué estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabular las características de la intervención del estudio y compararlas con los grupos planificados para cada síntesis (ítem n.º 5)).	PRISMA13a
		Describa cualquier método requerido para preparar los datos para su presentación o síntesis, como el manejo de estadísticas de resumen faltantes o conversiones de datos.	PRISMA13b
		Describa cualquier método utilizado para tabular o mostrar visualmente los resultados de estudios y síntesis individuales.	PRISMA13c
		Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique su elección. Si se realizó un metanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el grado de heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados.	PRISMA13d
		Describa cualquier método utilizado para explorar posibles causas de heterogeneidad entre los resultados del estudio (por ejemplo, análisis de subgrupos, metarregresión).	PRISMA13e
		Describa cualquier análisis de sensibilidad realizado para evaluar la solidez de los resultados sintetizados.	PRISMA13f
	Evaluación del sesgo de notificación	Describa cualquier método utilizado para evaluar el riesgo de sesgo debido a la falta de resultados en una síntesis (que surge de sesgos en los informes).	PRISMA14

Tabla A1. Continuar.

Sección	Tema	Artículo	Etiqueta
	Evaluación de certeza	Describa cualquier método utilizado para evaluar la certeza (o confianza) en el conjunto de evidencia de un resultado.	PRISMA15
Resultados	Selección de estudios	Describa los resultados del proceso de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo.	PRISMA16a
		Cite estudios que podrían parecer cumplir con los criterios de inclusión pero que fueron excluidos y explique por qué fueron excluidos.	PRISMA16b
		Cite cada estudio incluido y presente sus características.	PRISMA17
	Riesgo de sesgo en los estudios	Presentar evaluaciones del riesgo de sesgo para cada estudio incluido.	PRISMA18
	Resultados de individuos estudios	Para todos los resultados, presente, para cada estudio: (a) estadísticas de resumen para cada grupo (cuando corresponda) y (b) una estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de confianza/credibilidad), idealmente utilizando tablas o gráficos estructurados.	PRISMA19
	Resultados de las síntesis	Para cada síntesis, resuma brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	PRISMA20a
		Presente los resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se realizó un metanálisis, presente para cada uno la estimación resumida y su precisión (p. ej., intervalo de confianza/credibilidad) y las medidas de heterogeneidad estadística. Si se comparan grupos, describa la dirección del efecto.	PRISMA20b
		Presentar resultados de todas las investigaciones sobre posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.	PRISMA20c
		Presentar los resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	PRISMA20d
	Sesgos en los informes	Presentar evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de sesgos de informe) para cada síntesis evaluada.	PRISMA21
	Certeza de la evidencia	Presentar evaluaciones de certeza (o confianza) en el conjunto de evidencia para cada resultado evaluado.	PRISMA22
Discusión	Discusión	Proporcionar una interpretación general de los resultados en el contexto de otra evidencia.	PRISMA23a
		Discuta cualquier limitación de la evidencia incluida en la revisión.	PRISMA23b
		Discuta cualquier limitación de los procesos de revisión utilizados.	PRISMA23c
		Analice las implicaciones de los resultados para la práctica, la política y la investigación futura.	PRISMA23d
Otra información	Registro y protocolo	Proporcionar información de registro para la revisión, incluido el nombre del registro y el número de registro, o indicar que la revisión no fue registrada.	PRISMA24a
		Indique dónde se puede acceder al protocolo de revisión o indique que no se preparó un protocolo.	PRISMA24b
		Describa y explique cualquier modificación a la información proporcionada en el registro o en el protocolo.	PRISMA24c
	Apoyo	Describa las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión.	PRISMA25
	Intereses en competencia	Declarar cualquier interés en competencia de los autores de la revisión.	PRISMA26
	Disponibilidad de datos, códigos y otros materiales	Informe cuáles de los siguientes están disponibles públicamente y dónde se pueden encontrar: formularios de recopilación de datos de plantilla; datos extraídos de los estudios incluidos; datos utilizados para todos los análisis; código analítico; cualquier otro material utilizado en la revisión.	PRISMA27

## Referencias

1. OpenAI. 2024. (Versión de abril de 2024). Disponible en línea:<https://openai.com/research/overview>(consultado el 18 de abril de 2024).
2. Floridi, L.; Chiriatti, M. GPT-3: Su naturaleza, alcance, límites y consecuencias. *Mentes Mach.* **2020**, *30*, 681–694. [Referencia cruzada]
3. Yan, L.; Sha, L.; Zhao, L.; Li, Y.; Martinez-Maldonado, R.; Chen, G.; Li, X.; Jin, Y.; Gašević, D. Desafíos prácticos y éticos de los grandes modelos lingüísticos en educación: una revisión sistemática del alcance. *Br. J. Educ. Technol.* **2024**, *55*, 90–112. [Referencia cruzada]
4. Prather, J.; Denny, P.; Leinonen, J.; Becker, BA; Albluwi, I.; Craig, M.; Keuning, H.; Kiesler, N.; Kohn, T.; Luxton-Reilly, A.; et al. Los robots ya están aquí: Navegando la revolución de la IA generativa en la educación informática. En *Actas de los Informes del Grupo de Trabajo de 2023 sobre Innovación y Tecnología en la Educación en Ciencias de la Computación*, Turku, Finlandia, 10-12 de julio de 2023; ACM: Turku, Finlandia, 2023; págs. 108-159.
5. Chatterjee, S.; Bhattacharya, M.; Pal, S.; Lee, S.; Chakraborty, C. ChatGPT y modelos de lenguaje grandes en ortopedia: de la educación y la cirugía a la investigación. *J. Exp. ortop.* **2023**, *10*, 128. [Referencia cruzada] [PubMed]
6. King, DR; Nanda, G.; Stoddard, J.; Dempsey, A.; Hergert, S.; Shore, JH; Torous, J. Introducción a la inteligencia artificial generativa en la atención de la salud mental: consideraciones y orientación. *Representante actual de psiquiatría* **2023**, *25*, 839–846. [Referencia cruzada] [PubMed]
7. Kar, AK; Varsha, PS; Rajan, S. Desentrañando el impacto de la inteligencia artificial generativa (GAI) en aplicaciones industriales: una revisión de la literatura científica y gris. *Glob. J. Flex. Syst. Manag.* **2023**, *24*, 659–689. [Referencia cruzada]
8. Nikolic, S.; Daniel, S.; Haque, R.; Belkina, M.; Hassan, GM; Grundy, S.; Lyden, S.; Neal, P.; Sandison, C. ChatGPT versus evaluación de la educación en ingeniería: un análisis comparativo multidisciplinario y multiinstitucional de esta herramienta de inteligencia artificial generativa para investigar la integridad de la evaluación. *Eur. J. Eng. Educ.* **2023**, *48*, 559–614. [Referencia cruzada]
9. Filippi, S. Medición del impacto de ChatGPT en el fomento de la generación de conceptos en el diseño de productos innovadores. *Electrónica* **2023**, *12*, 3535. [Referencia cruzada]
10. Filippi, S. Relaciones entre rasgos de personalidad, uso de ChatGPT y generación de conceptos en el diseño de innovación. En *Inteligencia Artificial, Computación Social y Tecnologías Wearables. Actas de la Conferencia Internacional AHFE (2023), San Francisco, CA, EE. UU., 20-24 de julio de 2023*; Karwowski, W., Ahram, T., Eds.; AHFE Open Access: Nueva York, NY, EE. UU., 2023; Volumen 113, pág. 113. [Referencia cruzada]
11. Bronceado, TF; Thirunavukarasu, AJ; Campbell, JP; Keane, Pensilvania; Pasquale, LR; Abramoff, MD; Kalpathy-Cramer, J.; Lum, F.; kim, JE; Baxter, SL; et al. Inteligencia artificial generativa a través de ChatGPT y otros modelos de lenguaje grandes en oftalmología. *Oftalmol. Sci.* **2023**, *3*, 100394. [Referencia cruzada] [PubMed]
12. Zhang, C.; Chen, J.; Li, J.; Peng, Y.; Mao, Z. Modelos de lenguaje grandes para la interacción humano-robot: una revisión. *Biomim. Inteligencia. Robot.* **2023**, *3*, 100131. [Referencia cruzada]
13. Bahrour, Z.; Anane, C.; Ahmed, V.; Zacca, A. Transformando la educación: una revisión integral de la inteligencia artificial generativa en entornos educativos a través del análisis bibliométrico y de contenido. *Sostenibilidad* **2023**, *15*, 12983. [Referencia cruzada]
14. Page, MJ; McKenzie, JE; Bossuyt, PM; Boutron, I.; Hoffmann, TC; Mulrow, CD; Shamseer, L.; Tetzlaff, JM; Akl, EA; Brennan, SE; et al. Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la presentación de informes de revisiones sistemáticas. *Revista británica de medicina* **2021**, *372*, n71. [Referencia cruzada] [PubMed]
15. Lista de verificación PRISMA 2020. Disponible en línea:[https://www.prisma-statement.org/s/PRISMA\\_2020\\_checklist-fxke.docx](https://www.prisma-statement.org/s/PRISMA_2020_checklist-fxke.docx)(consultado el 18 de abril de 2024).
16. GÉMINIS. Disponible en línea:<https://gemini.google.com/app>(consultado el 18 de abril de 2024).
17. ALPACA. Disponible en línea:<https://crfm.stanford.edu/2023/03/13/alpaca>(consultado el 18 de abril de 2024).
18. ELICITAR. Disponible en línea:<https://ought.org/elicitor>(consultado el 18 de abril de 2024).
19. Abdelfattah, AM; Ali, NA; Elaziz, MA; Ammar, HH. Hoja de ruta para la formación en ingeniería de software mediante ChatGPT. En *las Actas de la Conferencia Internacional de 2023 sobre Ciencia y Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la Industria y la Sociedad (CAISAIS)*, Galala, Egipto, del 3 al 5 de septiembre de 2023; IEEE: Galala, Egipto, 2023; págs. 1-6.
20. Abrahamsson, P.; Antila, T.; Hakala, J.; Ketola, J.; Knappe, A.; Lahtinen, D.; Liukko, V.; Poranen, T.; Ritala, TM; Setälä, M. ChatGPT como desarrollador web Fullstack: primeros resultados. En *Procesos ágiles en ingeniería de software y programación extrema: talleres* Kruchten, P., Gregory, P., Eds.; Apuntes de clase sobre procesamiento de información empresarial; Springer Nature: Cham, Suiza, 2024; Volumen 489, págs. 201–209. ISBN 978-3-031-48549-7.
21. Bernabei, M.; Colabianchi, S.; Falegnami, A.; Costantino, F. Uso de modelos de lenguaje grandes por parte de los estudiantes en la educación en ingeniería: un estudio de caso sobre aceptación de tecnología, percepciones, eficacia y posibilidades de detección. *Comput. Educación. Artec. Intel.* **2023**, *5*, 100172. [Referencia cruzada]
22. Chen, L.; Shimada, A. Diseño de una hoja de trabajo para usar ChatGPT: Hacia la mejora de las habilidades de recuperación de información y juicio. En *Actas de la Conferencia Internacional IEEE 2023 sobre Enseñanza, Evaluación y Aprendizaje para Ingeniería (TALE)*, Auckland, Nueva Zelanda, 27 de noviembre-1 de diciembre de 2023; IEEE: Auckland, Nueva Zelanda, 2023; págs. 1-4.
23. Daun, M.; Brings, J. Cómo ChatGPT transformará la educación en ingeniería de software. En *Actas de la Conferencia de 2023 sobre Innovación y Tecnología en la Educación en Ciencias de la Computación*, V. 1, Turku, Finlandia, 10-12 de julio de 2023; ACM: Turku, Finlandia, 2023; págs. 110-116.
24. Kong, ZY; Adi, VSK; Segovia-Hernandez, JG; Sunarso, J. Papel complementario de los modelos de lenguaje grande en la educación de estudiantes universitarios en diseño de columnas de destilación: desarrollo de una metodología. *Dígito. Ing. Química* **2023**, *9*, 100126. [Referencia cruzada]
25. Kozov, V.; Ivanova, G.; Atanasova, D. Aplicación práctica de IA y modelos de lenguaje grandes en la educación en ingeniería de software. *IJACSA* **2024**, *15*, 690–696. [Referencia cruzada]

26. Lauren, P.; Watta, P. Trabajo en curso: Integración de la IA generativa con estrategias de aprendizaje basadas en la evidencia en la formación en ciencias de la computación e ingeniería. En Actas de la Conferencia IEEE Frontiers in Education (FIE) de 2023, College Station, Texas, EE. UU., 18-21 de octubre de 2023; IEEE: College Station, Texas, EE. UU., 2023; págs. 1-5.
27. Marquez, R.; Barrios, N.; Vera, RE; Mendez, ME; Tolosa, L.; Zambrano, F.; Li, Y. Una perspectiva sobre el potencial sinérgico de la inteligencia artificial y las estrategias de aprendizaje basadas en productos en la educación con materiales de base biológica. *Educ. Ing. Química* **2023**, *44*, 164–180. [[Referencia cruzada](#)]
28. Pham, T.; Nguyen, TB; Ha, S.; Nguyen Ngoc, NT Transformación digital en la educación en ingeniería: exploración del potencial del aprendizaje asistido por IA. *AJET* **2023**, *39*, 1–19. [[Referencia cruzada](#)]
29. Popovici, M.-D. ChatGPT en el aula. Explorando su potencial y limitaciones en un curso de programación funcional. *Int. J. Hum.-Comput. Interact.* **2023**. antes de imprimir. [[Referencia cruzada](#)]
30. Puig-Ortiz, J.; PaMies-Vila, R.; Jordi Nebot, L. Explorando la aplicación de Chatgpt en la formación en ingeniería mecánica. En Actas de la 51.ª Conferencia Anual de la Sociedad Europea para la Educación en Ingeniería (SEFI), Dublín, Irlanda, 11-14 de septiembre de 2023. [[Referencia cruzada](#)]
31. Qureshi, B. ChatGPT en la evaluación curricular de informática: un análisis de sus éxitos y deficiencias. En Actas de la 9.ª Conferencia Internacional sobre Sociedad Electrónica, Aprendizaje Electrónico y Tecnologías Electrónicas de 2023, Portsmouth, Reino Unido, 9-11 de junio de 2023; ACM: Portsmouth, Reino Unido, 2023; págs. 7-13.
32. Sanchez-Ruiz, LM; Moll-Lopez, S.; Nuñez-Pmirez, A.; Moraño-Fernandez, JA; Vega-Fleitas, E. ChatGPT desafía las metodologías de aprendizaje combinado en la educación en ingeniería: un estudio de caso en matemáticas. *Ciencias Aplicadas* **2023**, *13*, 6039. [[Referencia cruzada](#)]
33. Shoufan, A. Explorando las percepciones de los estudiantes sobre ChatGPT: análisis temático y encuesta de seguimiento. *Acceso IEEE* **2023**, *11*, 38805–38818. [[Referencia cruzada](#)]
34. Tossell, CC; Tenhundfeld, NL; Momen, A.; Cooley, K.; De Visser, EJ Percepciones de los estudiantes sobre el uso de ChatGPT en una tarea de ensayo universitario: implicaciones para el aprendizaje, la calificación y la confianza en la inteligencia artificial. *IEEE Trans. Aprender. Tecnología* **2024**, *17*, 1069–1081. [[Referencia cruzada](#)]
35. Tsai, M.-L.; Ong, C.W.; Chen, C.-L. Exploración del uso de grandes modelos de lenguaje (LLM) en la formación en ingeniería química: desarrollo de modelos de problemas para cursos básicos con Chat-GPT. *Educ. Ing. Química* **2023**, *44*, 71–95. [[Referencia cruzada](#)]
36. Wang, T.; Diaz, DV; Brown, C.; Chen, Y. Explorando el rol de los asistentes de IA en la educación en informática: métodos, implicaciones y perspectivas del instructor. En Actas del Simposio IEEE 2023 sobre lenguajes visuales y computación centrada en el ser humano (VL/ HCC), Washington, D. C., EE. UU., 3-6 de octubre de 2023; IEEE: Washington, D. C., EE. UU., 2023; págs. 92-102.
37. Speth, S.; Meißner, N.; Becker, S. Investigación del uso de ejercicios generados por IA para cursos de programación de nivel principiante e intermedio: Un caso práctico de ChatGPT. En Actas de la 35.ª Conferencia Internacional sobre Educación y Formación en Ingeniería de Software (CSEE&T) del IEEE de 2023, Tokio, Japón, 7-9 de agosto de 2023; IEEE: Tokio, Japón, 2023; págs. 142-146.
38. Hu, M.; Assadi, T.; Mahroeian, H. Introducción explícita de ChatGPT en la práctica de programación de primer año: Desafíos e impacto. En Actas de la Conferencia Internacional IEEE 2023 sobre Enseñanza, Evaluación y Aprendizaje para Ingeniería (TALE), Auckland, Nueva Zelanda, 27 de noviembre-1 de diciembre de 2023; IEEE: Auckland, Nueva Zelanda, 2023; págs. 1-6.

**Descargo de responsabilidad/Nota del editor:** Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusivamente de sus autores y colaboradores, y no de MDPI ni de sus editores. MDPI y sus editores no se responsabilizan de ningún daño a personas o bienes derivado de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido.