



CERLI[®]

Sobre la Inteligencia Artificial y sus Potenciales Usos en el Aula





SOBRE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SUS POTENCIALES USOS EN EL AULA

CENTER FOR EDUCATIONAL RESEARCH, LEARNING & INNOVATION

RESUMEN

El informe “Sobre la Inteligencia Artificial y sus Potenciales Usos en el Aula” aborda un tema de vital importancia en la sociedad moderna: ¿las inteligencias artificiales son tan útiles como creemos? Los seres humanos estamos acostumbrados a creer que todo avance es significativo, aun cuando no lo comprendemos en detalle.

Por esta razón, CERLI ha decidido realizar este informe, que unifica toda la información que tenemos sobre la inteligencia artificial (I.A.), en un artículo académico que pueda ser comprensible, accesible, e informativo.

Analizaremos la historia de la inteligencia artificial, su avance significativo en la última década, y el impacto que ha tenido en nuestras vidas hasta el momento. Finalmente, buscaremos encajar sus fortalezas y debilidades en un modelo de implementación que los centros educativos puedan encontrar útil y eficaz.

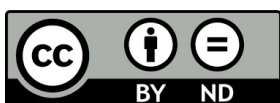


© CERLI, 2025

«Center for Educational Research, Learning & Innovation (CERLI) (2025). Sobre la Inteligencia Artificial y sus Potenciales Usos en el Aula»

Publicado en THE ORVIUM EDUCATION JOURNAL

Sobre la Inteligencia Artificial y sus Potenciales Usos en el Aula © 2025 de CERLI está bajo una licencia CC BY-ND 4.0. Para consultar una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>.



Para obtener más información acerca de este informe, o cualquier otro publicado por CERLI, comunicarse a través del correo info@cerliorg.com, o con el Departamento de Educación edu@cerliorg.com

Tabla de Contenidos

Introducción 5

Sobre las IA 6

Historia de la IA..... 10

Máquinas que aprenden 18

El próximo salto de la humanidad..... 27

Ejemplos modernos 35

Modelos de lenguaje grande genéricos 38

Asistentes virtuales 45

Chatbots modernos..... 51

Funciones de texto a imagen 63

Funciones de texto a voz 71

Funciones de texto a video 75

IA en la educación..... 81

Ética sobre la IA educativa 85

Implementar (con éxito) IA en el aula..... 95

Consideraciones sobre recursos..... 103

Ejemplos de IA educativa 110

Toddle 113

Teachmate 118

ILIAS 121

Epílogo 125

Bibliografía 127



Introducción

La inteligencia artificial es uno de los avances líderes de nuestra sociedad moderna, y ha invadido cada aspecto de nuestra vida educativa, personal, y laboral. Sin embargo, así como ha ocurrido en muchas ocasiones en el pasado, las tecnologías tan avanzadas suelen tener dificultades para adentrarse en la educación formal, debido principalmente a sus altos grados de incertidumbre y al estilo conservador de la mayor parte de sistemas educativos globales. Sumado a esto, junto con un avance tan significativo, llegan quienes exageran sus virtudes y debilidades con motivos económicos, políticos, o incluso ideológicos.

Por este motivo, en CERLI, nos hemos dado a la tarea de realizar un análisis realista y objetivo sobre las principales inteligencias artificiales en el mercado, comprender lo que las hace interesantes y/o peligrosas, así como también estudiar qué tan viable es su implementación en el ámbito educativo. Lograr esto no resulta sencillo; hace falta analizar puntillosamente un conjunto de tecnologías novedosas y complejas, en las que incluso un especialista podría perderse en los detalles. No obstante, a nuestro equipo de investigadores no le asustan los desafíos, y han hecho un esfuerzo significativo para que este proyecto vea la luz, de la mejor forma posible.

En este informe, se detallará todo lo que sabemos sobre las inteligencias artificiales, su pasado, presente y futuro, su impacto en la vida de cada uno de nosotros, y su inminente arribo en el sistema educativo. Analizaremos en detalle cada una de sus características distintivas, haciendo particular hincapié en lo que las hace diferentes a todo lo demás.

Sobre las IA

La inteligencia artificial, también denominada IA, no es un concepto asociado a una tecnología en concreto, sino que es una rama de la informática cuyo objetivo consiste en desarrollar sistemas o máquinas capaces de realizar tareas complejas, que usualmente requerirían de una inteligencia de nivel humano. Hablamos de tareas como razonar, resolver problemas, comprender el lenguaje, tomar decisiones, aprender, entre muchas otras.

Su funcionamiento consiste en exponer una máquina a una enorme cantidad de datos y hacer que los procese con el objetivo de aprender y mejorar su capacidad para reconocer patrones. De este modo, podrían ser usadas para analizar grandes cantidades de información, y dar conclusiones basadas en relaciones que un ser humano podría haber pasado por alto, o que sencillamente requeriría de un tiempo muy superior para identificar.

Lograr esto es algo muy complicado, y requiere de algoritmos y modelos matemáticos que permitan a la máquina extrapolar conocimiento, a partir de un conjunto de datos inicial. Esto es lo que llamamos machine learning, y sus alcances son impresionantes. Posteriormente, esto fue superado por el aprendizaje profundo, que utilizó redes neuronales artificiales para simular la manera en la que el cerebro humano procesa información. Sin embargo, no entraremos en el detalle operativo de las inteligencias artificiales aún, y nos centraremos en definir las adecuadamente.

Google, por ejemplo, clasifica las inteligencias artificiales según su funcionalidad. Primero, tenemos las “máquinas reactivas”, que consisten en una IA limitada que solo reacciona a diferentes tipos de estímulos basados en reglas preprogramadas. No usa memoria y, por lo

tanto, no puede aprender con datos nuevos. En segundo lugar, tenemos las de “memoria limitada”. Estas pueden usar la memoria para mejorar con el tiempo mediante el entrenamiento con datos nuevos, por lo general, a través de una red neuronal artificial o algún otro modelo de entrenamiento. El aprendizaje profundo, un subconjunto del aprendizaje automático, se considera inteligencia artificial con memoria limitada. Aquí entran las IA modernas como ChatGPT, Gemini, entre otras.

A estas les seguirían las de “teoría de la mente”. El término hace referencia a una IA capaz de emular la mente humana, con capacidad para tomar decisiones de forma similar a como lo haría un ser humano. Esto incluye reconocer y recordar emociones, así como también reaccionar en situaciones sociales como lo haría un ser humano. En la actualidad, no existe IA con teoría de la mente, aunque creemos que es el siguiente paso.

En último lugar, tenemos el “autoconocimiento”. El concepto de IA con autoconocimiento describe una máquina que tiene conocimiento de su propia existencia, así como también las capacidades intelectuales y emocionales de un ser humano. Al igual que la IA con teoría de la mente, la IA con autoconocimiento no existe en la actualidad. Alcanzar este nivel tecnológico tendría graves consecuencias legales, éticas, y morales, que la sociedad del futuro deberá resolver.

Esta clasificación, aunque muy interesante por sus características, no es muy útil para las herramientas que tenemos hoy en día, por lo que debemos buscar una aproximación que categorice a las tecnologías modernas por sus características. Por ejemplo, en el libro *“Artificial Intelligence: A Modern Approach”*, los investigadores Stuart Russell y Peter Norvig realizan un análisis exhaustivo de estas tecnologías, estableciendo cuatro tipologías principales.

✓ **Sistemas que piensan como humanos:**

Se enfocan en la emulación de la inteligencia humana, tanto en términos de comportamiento como de pensamiento. Buscan imitar la forma en que los humanos piensan y resuelven problemas. Este es el objetivo de herramientas como ChatGPT.

✓ **Sistemas que actúan como humanos:**

Se enfocan en la emulación de la inteligencia humana, pero en términos de comportamiento. Buscan imitar la forma en que los humanos se comportan y actúan en el mundo. Aquí podemos encontrar los chatbots, y cualquier inteligencia artificial que busque emular la sensación de conversar con un ser humano.

✓ **Sistemas que piensan racionalmente:**

Se enfocan en la resolución de problemas de manera lógica y racional. Buscan maximizar la eficiencia y la precisión de sus decisiones, sin considerar necesariamente el comportamiento humano.

✓ **Sistemas que actúan racionalmente:**

Se enfocan en la toma de decisiones y la acción en el mundo, buscando siempre tomar la mejor decisión posible basada en la información disponible.

Esta clasificación, si bien es útil para acercarnos a las tecnologías modernas, no nos dice nada sobre cómo logran estos objetivos. Los humanos hemos avanzado tan significativamente en nuestras creaciones artificiales, que clasificarlas de forma natural y precisa se ha vuelto una tarea titánica. En CERLI, solemos utilizar un sistema de clasificación mucho menos elegante, pero que nos resulta más ilustrativo: sistemas preprogramados, sistemas de aprendizaje y réplica, y sistemas inteligentes.

Para entender esta clasificación y sus fundamentos, debemos analizar la historia de las inteligencias artificiales. Debemos remontarnos a una época donde conocimos softwares de esta índole, aunque quizá no los reconocimos como tal en ese entonces. Pasemos a realizar una labor de revisionismo histórico, siendo así capaces de admirar nuestro progreso en estos aspectos, y cómo pequeños cambios en nuestro entendimiento de la inteligencia, lograron hacernos llegar a donde estamos hoy.



Historia de la IA

Aunque parezca algo novedoso, la historia detrás de la inteligencia artificial data de mucho tiempo atrás en la historia humana. La idea de crear máquinas que piensen como los humanos se remonta a la filosofía antigua, cuando Aristóteles propuso reglas lógicas para el razonamiento. Más tarde, durante el Renacimiento, pensadores como Descartes y Leibniz imaginaron sistemas mecánicos capaces de realizar tareas intelectuales. Sin embargo, el cambio paradigmático en este campo se dio con la aparición de la teoría de la computación.

En 1936, Alan Turing introdujo el concepto de la "Máquina de Turing", que estableció los fundamentos teóricos de las computadoras modernas. Más tarde, en 1950, Turing planteó el famoso "Test de Turing", que consiste en un experimento para evaluar si una máquina puede exhibir comportamiento inteligente similar al humano. Esto sentó las bases para pensar que es posible crear sistemas tan avanzados que nos hagan dudar sobre si están vivos. La inteligencia artificial se consolidaría formalmente como campo en 1956, durante la conferencia de Dartmouth.

Se acababa de presenciar el nacimiento de un nuevo campo del conocimiento, que uniría el desarrollo computacional exponencial de finales del siglo XX, con la idea casi fantástica de crear una inteligencia similar a la humana, sin un componente biológico. Pero antes de mencionar hitos históricos que la humanidad ha alcanzado en cuanto al desarrollo de las IA, permítanos explicar la clasificación que dimos al final de la sección anterior. Esta nos será muy útil para encasillar a las distintas inteligencias artificiales que veremos a continuación, y así comprender sus principales fortalezas y debilidades.

Comenzaremos por los sistemas preprogramados, los cuales entendemos como programas que no tienen capacidad de aprendizaje por sí mismos, sino que responden a las necesidades del usuario en función de un conjunto de información que les ha sido previamente entregada. Este tipo de IA suele ilustrarse con un ejemplo famoso del filósofo John Searle, quien lo utilizaba como argumento contra la posibilidad de que la IA pudiera desarrollar auténtica comprensión del lenguaje. Utilizaremos una versión levemente modificada del ejemplo de Searle para explicar los sistemas preprogramados:

«Imagina una habitación cerrada, con dos pequeñas ranuras que dan hacia el exterior, en la que hay una persona que no sabe nada de chino. Esta persona recibe mensajes escritos en chino a través de la ranura uno, y se espera que responda al mensaje en perfecto chino a través de la ranura dos.

Para esto, la persona del interior utiliza un libro que contiene un número importante de mensajes en chino y, a su lado, la respuesta a dicho mensaje. Lo único que debe hacer es buscar rápidamente el mensaje que ha recibido por la ranura uno en el libro, copiar la respuesta en un nuevo papel, y entregarlo por la ranura dos.

Siguiendo este procedimiento con rapidez, quien recibe las respuestas pensaría que, dentro de la habitación, hay alguien que entiende perfectamente chino. Sin embargo, esto no es así; esta persona solo sigue un procedimiento mecánico que no entiende, pero que funciona».

Esto es exactamente un sistema preprogramado. En él, los desarrolladores preparan previamente un conjunto amplio de respuestas posibles ante las entradas que imaginan que el usuario podría brindar, y la IA simplemente accede a esta base de datos cada vez que recibe una entrada, devolviendo la salida predeterminada. Son sistemas que, si fueron programados correctamente, nunca se equivocan en sus respuestas. Sin embargo, esto tiene un elevado precio; una IA preprogramada jamás podrá generar la sensación de estar

hablando con un ser humano, ya que no es capaz de adaptar sus respuestas a características particulares de la entrada.

Además, estas IA se encuentran duramente limitadas al tamaño de la base de datos inicial. Si el usuario aporta una entrada que no fue considerada previamente, la IA no encontrará respuesta y dará una salida de error (también preprogramada). Por lo tanto, estas IA solamente pueden mejorarse mediante la inclusión de nuevos inputs y outputs en la base de datos.

En segundo lugar, tenemos los sistemas de aprendizaje y réplica. Estos fueron muy famosos en las etapas tempranas de la década del 2010, y fueron el primer acercamiento que la mayoría de las personas tuvieron con una inteligencia artificial. El funcionamiento de estos es muy sencillo; al igual que los sistemas preprogramados, consisten en responder a entradas mediante una base de datos de posibles respuestas. Sin embargo, la diferencia entre estos dos es que un sistema de aprendizaje y réplica comienza con un libro limitado de posibles entradas y salidas, pero es capaz de ampliarlo mediante la interacción con el usuario.

Inician siendo muy limitados, respondiendo de forma básica y predeterminada. Cuando el usuario realiza una entrada que la IA no tenía previamente estipulada, en lugar de responder con un mensaje de error, lo almacena en su libro de entradas y recopila respuestas de otros usuarios para esta entrada en específico. Luego, les asigna una puntuación basada en la frecuencia y popularidad de las respuestas, o mediante un sistema de valoración cuando se tuviese uno. La próxima vez que la IA recibiera esa entrada, respondería con una de las muchas respuestas que los usuarios le habrán otorgado.

Su principal beneficio, en contraposición con los sistemas preprogramados, es que desarrollan su base de datos con el tiempo, sin necesidad de que el grupo original de desarrolladores incluya nuevas entradas y salidas. Es la propia comunidad haciendo uso de la herramienta la que actualiza sus conocimientos en el tiempo. No obstante, esta es también su principal falencia, que acabó volviendo

completamente obsoletos a los sistemas de aprendizaje y réplica. Como la IA no comprende realmente el lenguaje, y el grupo de desarrolladores no supervisa directamente los resultados que se añaden a la base de datos, un uso incorrecto o malintencionado de la herramienta puede volverla obsoleta rápidamente.

Por ejemplo, los usuarios podrían sugerir respuestas que no se corresponden con la entrada, o dar respuestas completamente inapropiadas para que la IA devuelva salidas completamente irreverentes y graciosas, pero que arruinaban por completo su capacidad conversacional. No es solo que ya no se podía esperar la misma respuesta ante la misma entrada (que era el mayor beneficio de los sistemas preprogramados), sino que ahora la respuesta era completamente inservible en la amplísima mayoría de ocasiones.

Utilizando estas dos categorías, podemos ver ejemplos evidentes de las mismas a lo largo de la historia. Los más conocidos fueron ELIZA y Deep Blue, ya que tuvieron aplicaciones en el mundo real. ELIZA era un sistema preprogramado creado por Joseph Weizenbaum en 1966, que permitía emular una conversación humana mediante un sistema de concordancia de patrones entre las entradas del usuario, y la base de datos que previamente le había sido conferida. Si bien poseía múltiples “guiones” (así se les denominaba a sus personajes), el más famoso de todos era “DOCTOR”, que emulaba a una psicoterapeuta de la escuela rogeriana ¹. Aunque era fácil de engañar, y sus respuestas eran muy genéricas y repetitivas, fue un avance impresionante para su época, sorprendiendo a todos en el campo de la investigación en IA.

Por otra parte, Deep Blue es quizá el sistema preprogramado más famoso de la historia. Fue creado por la empresa norteamericana IBM en la década de los 90 con un único propósito real: lograr jugar al ajedrez de la forma más perfecta posible, haciéndolo indistinguible de un jugador de talla mundial. Para este objetivo, Deep Blue poseía una base de datos cargada con miles de partidas y estrategias de ajedrez, y la

¹ Esta elección no era al azar, ya que estos terapeutas utilizan una técnica que consiste en formular su siguiente frase, utilizando como base la información en las palabras del paciente. Esto ayudaba a que la conversación con ELIZA se sintiera más real, al mismo tiempo que facilitaba ampliamente la programación de su libro de respuestas.

capacidad de analizar (en tiempo real) hasta doscientas millones de posiciones por segundo, y utilizar fuerza bruta para definir el mejor movimiento posible. Solo esto le bastó para vencer, en 1997, al campeón mundial de ajedrez en ese entonces; el legendario Garry Kasparov. Deep Blue fue una inspiración para aquellos que defendían el poder de la computación en la toma de decisiones complejas y en tiempo real.

Pasando ahora al siglo XXI, llegamos a una época colmada de inteligencias artificiales como los asistentes virtuales, y los primeros chatbots. Mientras que los primeros seguían reglas muy similares a los sistemas preprogramados, los chatbots fueron desarrollados utilizando los mecanismos de aprendizaje y réplica. Dentro de los más conocidos, podemos mencionar uno que acompañó al nacimiento de las redes sociales: Cleverbot. Este chatbot fue publicado por Rollo Carpenter en 2006, aunque el proyecto se remonta a 1988, con el objetivo de ser capaz de mantener conversaciones con humanos, y mejorar con el tiempo para adaptarse a contextos e ideas más complejas.

Originalmente, analizaba patrones entre las entradas y respuestas de los usuarios, y seleccionaba conjuntos de estas tras millones de interacciones. Luego, almacenaba las mismas en una base de datos que el mismo Cleverbot podría consultar cuando un usuario diera una entrada similar. Si bien gracias a esto fue capaz de contener una gran cantidad de respuestas variadas que podían sonar humanas, las mismas eran repetitivas y poco profundas, revelando con facilidad la diferencia entre una interacción con Cleverbot, y una interacción humana. Esta IA no comprendía el lenguaje de forma natural (como lo hacen hoy ChatGPT o los asistentes virtuales), por lo que no era capaz de adaptarse a lo que el usuario dice.

Tanto así que, si el usuario lograba dar una entrada que no tuviera coincidencias relevantes en su base de datos, las respuestas se volvían ilógicas y fuera de contexto rápidamente. Esto se debía a que el sistema de reconocimiento de patrones fallaba, rompiendo completamente las funciones de búsqueda y arrojando como resultado un output aleatorio. Si bien fue un avance significativo con respecto a ELIZA, ya que era un sistema donde alcanzar sus límites de salida es significativamente más

complicado, dejaba en evidencia la incapacidad de crear un chatbot que pudiera simular una conversación con un humano de forma completa, contextual, e inequívoca.

No obstante, a pesar de esto, Cleverbot tenía un sistema de filtro y moderación significativo que permitía mantener cierto grado de calidad en sus respuestas. Aunque sonaran monótonas y poco relevantes, sus respuestas se clasificaban mucho más cómodamente en la base de datos, siendo más complejo obtener resultados que fueran en contra de la moral y las buenas costumbres. Caso totalmente contrario a lo que ocurrió con nuestros siguientes dos ejemplos: SimSimi y Tay.

Estos dos chatbots fueron desarrollados por ISMaker (actualmente conocida como SimSimi) y Microsoft respectivamente. Su función era ser un Cleverbot masivo, mediante la misma estrategia de programación, pero diferentes aproximaciones de interacción con el usuario. SimSimi existía tanto en una página web como en una aplicación móvil, permitiendo al usuario mantener una conversación con el chatbot. Cuando un usuario daba una entrada que la máquina no tenía previamente considerada, se ofrecía la opción de que fuera el mismo usuario quien aportara una respuesta que consideraría útil. Mediante un sistema de ranking por popularidad, las respuestas de los usuarios serían utilizadas por la IA cuando esta tuviera que responder a dicha entrada nuevamente.

Por otra parte, Tay fue programada para ejecutarse en la red social Twitter, e interactuar con los usuarios de esta red para aprender los patrones de habla y difusión que utilizaban los tuiteros. Cuanto más interactuaba, más ajustaba sus respuestas a lo que se repetía con mayor frecuencia, haciendo que sus conversaciones fueran (en el papel) más humanas y amplias.

Ambas IA tenían el mismo problema: la falta de moderación. Al ser modelos de aprendizaje no supervisados, los usuarios podían explotar esta vulnerabilidad para que el modelo contestara lo que sea que ellos quisieran, sin que la IA pudiera diferenciar entre una respuesta coherente y adecuada a la entrada, y una completamente ofensiva y

malintencionada. Ambas comenzaron a responder ante cualquier input con outputs racistas, homofóbicos, sexuales, ilegales, polémicos, entre muchos otros. Tay fue retirada menos de 24 horas después de su lanzamiento, tras una acción coordinada de usuarios que explotó vulnerabilidades de su sistema de aprendizaje y moderación, mientras que SimSimi sigue existiendo, pero estos eventos desacreditaron por completo su funcionalidad, haciendo que perdiera rápidamente su popularidad.

Fue así como el mercado aprendió de sus errores, y los grandes desarrolladores de IA comprendieron que los modelos de aprendizaje y réplica podían ser solo de dos tipos; de lenguaje amplio pero irrelevante, o de lenguaje acotado pero significativo. Ninguna de las dos opciones se asemejaba remotamente a lo que se pretendía de ellas en el futuro, por lo que estos modelos fueron descartados como opción para las inteligencias artificiales modernas. Su sustituto fueron los que denominamos sistemas inteligentes, que son capaces de aprender conocimiento nuevo constantemente, pero con suficiente autoanálisis como para reconocer tanto las intenciones del usuario, el significado de sus entradas, y el grado de creatividad que se requiere en la salida.

Esto no fue sencillo, y requirió de perfeccionar técnicas y tecnologías que aún estaban en etapas tempranas de su desarrollo. Hablamos del machine learning y las redes neuronales, las verdaderas revoluciones en el campo de la inteligencia artificial. Hoy en día, las IA comprenden el significado del lenguaje, así como también el contexto detrás de las palabras que usamos. Esto les ha permitido crear un entorno dentro del cual nuestras interacciones conversacionales con ellas ya no son tan fácilmente distinguibles de una interacción humana.

Tanto así que existen juegos modernos, como “¿human or not?”², donde estableceremos comunicación virtual por dos minutos sobre cualquier tema, y, culminado el tiempo, deberemos responder si hemos charlado con un humano o una IA. Lo divertido es que ambos casos intentarán convencerte de lo contrario, llevando a situaciones donde

² Este juego se encuentra únicamente en inglés, es gratuito, y se ejecuta en una página web. Puede jugarse en www.humanornot.ai.

decidir adecuadamente puede resultar ser mucho más complicado de lo que parece en primera instancia.

Ahora que comprendemos el pasado de las IA, nos será mucho más sencillo explorar el presente de estas, y cómo hemos tenido que cambiar considerablemente lo que entendemos como inteligencia.



Máquinas que aprenden

La herramienta por excelencia, que ha hecho posible el avance estratosférico de las IA, es el machine learning. Consiste en el desarrollo de algoritmos y modelos estadísticos que logran correlacionar datos e identificar patrones para que, con el tiempo, la máquina pueda realizar tareas complejas, sin necesidad de que se le instruya de forma directa.

Su funcionamiento es sencillo; supongamos que tenemos una cierta información que tiene una relación entre sí, y queremos que la máquina aprenda a reconocer esta relación, sin darle ninguna instrucción directa. Para lograr este objetivo, debemos introducirle una cantidad enorme de estos datos, y pedirle que los procese mediante algoritmos informáticos hasta que logre identificar el patrón por sí misma.

Por ejemplo, si le diéramos una serie de números, y quisiéramos que la máquina aprenda la relación entre ellos y así sea capaz de predecir el siguiente, debemos darle suficientes números iniciales hasta que logre identificar el patrón matemático. Si nuestra serie está conformada por los números múltiplos de dos, entonces debemos alimentarla con los números iniciales de esta serie:

2 – 4 – 6 – 8 – 10 – 12 – X

Si suficientes números son procesados, la máquina acabará siendo capaz de identificar la relación, y predecir cualquier número de la serie en menos de tres segundos. Por supuesto, la cantidad de datos iniciales dependerá de la complejidad de la relación. Una IA moderna obtendría la relación numérica de la serie anterior con los primeros dos a cinco

números, pero requerirá de un volumen mucho mayor si la tarea es, por ejemplo, elegir qué película de un catálogo es más probable que el usuario desee ver, basado en su historial de visualizaciones. Afortunadamente para nosotros, a lo largo de las últimas dos décadas, hemos volcado todo tipo de información sin etiquetar en una fuente común, de la cual ahora mismo cualquier IA puede alimentarse. Hablamos, por supuesto, de internet.

Sin embargo, aún no hemos explicado de manera concreta la manera técnica en la que se realiza la introducción de estos datos en la máquina. Para esto, existen tres métodos principales de implementación, mediante el llamado aprendizaje automático (AA). El primer método es el “aprendizaje supervisado”. Consiste en estructurar y etiquetar paquetes de datos de entrada y salida, para que la máquina aprenda a reconocerlos.

Por ejemplo, si queremos que nuestra IA aprenda a reconocer números, la alimentaremos con imágenes de cada número, etiquetadas con el número al que corresponden. De esta forma, aprenderá a distinguir entre los diferentes números, y podrá utilizarlos en el futuro. Es mucho más fiable que otras opciones, pero etiquetar todos los datos es una tarea titánica cuando tenemos volúmenes tan masivos.

El segundo método es el “aprendizaje no supervisado”, que funciona alimentando al sistema con datos que no se etiquetan, esperando a que los algoritmos encuentren la relación y los patrones entre los datos correlacionados. Toma mucho más tiempo, y requiere de un volumen de datos mucho mayor, pero permite que la máquina aprenda a relacionar información sin necesidad de etiquetarla, ahorrando tiempo y esfuerzo. En ciertos casos, se puede llegar a un punto medio entre la supervisión y la no-supervisión, etiquetando algunos datos, y esperando que la IA encuentre las relaciones entre los etiquetados y los que no lo están. Esto se llama aprendizaje semisupervisado.

Por último, tenemos el “aprendizaje por refuerzo”; el más complejo de explicar de entre todas las opciones. El aprendizaje por refuerzo consiste en asignar “recompensas” a los pasos que debe seguir un

algoritmo de aprendizaje automático. La inteligencia artificial realiza prueba y error en una tarea concreta, restando y sumando puntos dependiendo de lo perfecto de su ejecución. El objetivo del “agente” (así suele denominarse a la IA entrenada por refuerzo) es conseguir la mayor cantidad de puntos posibles, hasta que encuentra la estrategia que maximiza sus puntos. El aprendizaje por refuerzo resulta especialmente útil en entornos con señales de recompensa claras, y también puede utilizarse en el ajuste de modelos de lenguaje, por ejemplo, mediante aprendizaje por refuerzo a partir de retroalimentación humana (RLHF).

Durante nuestra revisión histórica de las IA, mencionamos al famosísimo sistema Deep Blue, que logró vencer al campeón mundial de ajedrez, Garry Kasparov, en 1997. Su historia inspiró a muchas IA modernas a buscar el mismo objetivo, en circunstancias variables. En el año 2015, la subsidiaria de Google “DeepMind” creó un sistema de inteligencia artificial capaz de jugar al mítico juego chino de estrategia “Go”, al cual denominaron “AlphaGo”.

El Go es un juego mucho más complejo que el ajedrez, debido al volumen superior de jugadas posibles y estados de juego, y su imposibilidad para compaginarlas todas en una base de datos. Mientras que el ajedrez tiene aproximadamente 10^{120} partidas únicas posibles, y alrededor de 10^{40} posiciones distintas que pueden ocurrir en el tablero, el GO tiene aproximadamente 10^{360} partidas únicas posibles, y alrededor de 10^{170} posiciones posibles.

Por este motivo, los mecanismos primitivos de fuerza bruta utilizados por Deep Blue no resultaron útiles para entrenar a AlphaGo. La única forma de que una IA pudiera aprender a jugar a la perfección, era mediante la implementación de machine learning y métodos probabilísticos. Fue así como, en 2015, logró vencer al campeón europeo Fan Hui por un marcador de 5-0, y a uno de los mejores jugadores de la historia del Go, Lee Sedol, por un marcador de 4-1 en 2016 ³. Estas

³ Este hito se recuerda no solo debido a la aplastante victoria. Resulta curioso que, a pesar de la clara dominancia, Lee Sedol consiguió vencer a la máquina en una ocasión, algo considerado imposible.

grandes victorias demostraron que los sistemas basados en aprendizaje profundo y refuerzo podían superar a los humanos sin necesidad de imitar directamente su conocimiento, impulsando las redes neuronales como un exponente de las IA.

El avance hacia las redes neuronales de la actualidad fue la cúspide del desarrollo del aprendizaje automático, logrando así que cada inteligencia artificial mejore sin pausa, bajo estándares de calidad altísimos. Pero ¿son todas las redes neuronales iguales? La respuesta es no; las redes neuronales no son todas iguales, y desde su desarrollo podemos notar diferencias clave. De forma sencilla, una de las principales diferencias entre las redes neuronales radica en su arquitectura, es decir, en la manera en que procesan la información y en los tipos de relaciones que están diseñadas para identificar. Entre las arquitecturas más conocidas se encuentran las redes neuronales de perceptrón multicapa (MLP), las redes neuronales convolucionales (CNN), las redes neuronales recurrentes (RNN) y los Transformers.

Las **MLP** se utilizan para sistemas que procesen datos genéricos, y que realicen tareas como predicción estadística, clasificación de información, etc. Se pueden utilizar en IA de diagnóstico médico, de control financiero, de archivo empresarial, de gestión LMS, y básicamente cualquier tarea que tome un volumen inmenso de datos y requiera clasificarlos, enumerarlos, o buscar entre ellos.

Por otra parte, las **CNN** se diseñan específicamente para trabajar con datos con dimensiones espaciales. Más específicamente, operan sobre la detección de características en imágenes y videos, como texturas y colores. Por sus propiedades, resultan sumamente útiles para cualquier IA que necesite reconocer patrones en imágenes, o que busque diferencias entre imágenes muy similares. Estas redes neuronales se utilizan en las aplicaciones de reconocimiento facial, en las IA de creación audiovisual, y en clasificación de imágenes.

Esto se debió a que, durante el transcurso de la segunda partida, Sedol realizó un movimiento que, si bien la máquina tenía considerado en su aprendizaje, había sido catalogado como poco efectivo e improbable. Fue la creatividad humana la que le permitió a Sedol vencer a AlphaGo, aún con todo en su contra.

Las redes **RNN** tienen la capacidad de procesar datos secuenciales, que requieren de cierta memoria retroalimentativa. En otras palabras, consiguen hallar patrones en un comportamiento repetitivo, o dependiente del contexto, en que se utiliza una cierta función. Son extremadamente útiles para traductores (donde cada palabra puede alterar la frase final, según su contexto), para los teclados predictivos de los smartphones, donde se autocompletan frases dependiendo de lo que ya se ha escrito, o para el análisis emocional en una determinada acción que se repite.

Finalmente, tenemos las redes **TRANSFORMER**. Se trata de una arquitectura basada principalmente en mecanismos de atención. A diferencia de las RNN, no dependen de procesar la secuencia de forma recurrente paso a paso, lo que facilita modelar relaciones a larga distancia y paralelizar buena parte del procesamiento. Esto les permite responder a mensajes mucho más largos en el contexto exacto en el que el usuario trabaja, brindando una salida con total coherencia sin necesidad de analizar paso a paso los inputs del usuario. Se utilizan mayormente para IA adaptativa con procesamiento de texto, como ChatGPT.

Al crear una IA, utilizaremos una o varias redes neuronales para abarcar todas las funciones que deseamos incluir, por lo que no necesariamente es una relación 1:1 entre las redes neuronales y las inteligencias artificiales. Además, el tipo de red neuronal no define todos los factores asociados al funcionamiento de una IA, ya que solo marca el tipo de datos que procesará, y la forma en que los aprenderá. A partir de este punto, será la programación del software lo que volverá real la experiencia del usuario, y transformará una simple máquina de recibir entradas y devolver salidas, en una auténtica herramienta para el conocimiento.

Para esto, debemos comprender el funcionamiento real de las IA modernas. Como mencionamos al comienzo de este artículo, las inteligencias artificiales modernas son mayormente del tipo “Memoria Limitada”. Esto quiere decir que su mejora aparente depende de un único criterio; el volumen y actualización de los datos que procesa.

Obtener una IA de memoria limitada más avanzada que todas las demás, consiste únicamente en lograr alimentarla de mayor cantidad de información, y mantenerla actualizada con los datos más recientes posibles. Estas dos cuestiones no son sencillamente reconciliables, ya que cada una complejiza el proceso de forma diferente, encareciendo los costos y requiriendo de mayor avance tecnológico.

No obstante, sumado al volumen de datos, existen multitud de variables que marcarán la funcionalidad de una IA determinada. Una de las más importantes es la “temperatura”, la cual no se refiere al fenómeno físico. Este es un parámetro ajustable que define la creatividad y variación que le permitimos dar a la inteligencia artificial en sus respuestas. Cuando un modelo de lenguaje grande (como ChatGPT) genera un mensaje, en realidad, está asignando probabilidades a las palabras y frases que lo componen, en función de su adaptación al contexto del prompt de entrada que redacta el usuario, generando múltiples posibles respuestas. Mediante los resultados de su aprendizaje automático, logra “decidir” cuál combinación es más apropiada en su contexto particular.

La temperatura actúa como una perilla que permite ajustar el impacto de esas probabilidades en la elección final de la máquina. Si reducimos este parámetro al mínimo, lo que obtendremos serán respuestas más predecibles y conservadoras, que tengan mayor probabilidad de ser útiles para el usuario. Esto es útil cuando la pregunta del usuario demanda una respuesta concisa y correcta. Por ejemplo, si le preguntamos a una IA “¿Cuál es la capital de Francia?”, la respuesta será escueta y precisa: París. Por otra parte, subiendo el valor de este parámetro, le damos más libertad a las respuestas, permitiéndole dotarlas de matices creativos. Por ejemplo, si le pedimos que nos escriba un poema aleatorio, el resultado será considerablemente más creativo, pudiendo (o no) satisfacer las necesidades del usuario en su primer intento.

La temperatura no es una característica de una IA; es un valor dinámico que, por lo general, depende de la entrada. Aunque, si la ocasión lo requiere, se puede establecer en valores fijos

preconfigurados, que permitan mantener una consistencia en sus respuestas, independientemente de los inputs del usuario. Esto es útil al trabajar en determinados contextos, como realizar una IA de gestión o un chatbot de soporte técnico, ya que, en estos casos, no es realmente útil que las respuestas tengan una temperatura dinámica, y es preferible que las mismas tengan una temperatura baja fija, que varíe en pequeñas cantidades según el contexto lo requiera.

Quizá alguien podría pensar que, si establecemos este parámetro en sus valores máximos y mínimos, obtenemos una IA perfecta para ciertos casos particulares; por ejemplo, una IA con temperatura cero podría responder correctamente cualquier pregunta en ChatGPT, eliminando cualquier posibilidad de que cometa errores o brinde información falsa. Por otra parte, una IA con una temperatura tan alta como sea posible, brindaría respuestas absolutamente creativas, las cuales serían perfectas para eliminar la repetición y monotonía de un chatbot conversacional. Sin embargo, esas premisas son erróneas en diferentes niveles.

Si volvemos a lo mencionado en la historia de las IA, recordaremos que el fenómeno que dio el salto de los chatbots antiguos a los modernos, fue la capacidad de que la IA no dependiera de datos ya procesados de antemano. Esto quiere decir que, en el caso de una IA con temperatura cero, las respuestas correctas deberán tener el 100% de probabilidades de ser seleccionadas, lo que requiere que ya hayan sido etiquetadas. Sería el equivalente a volver al libro chino del ejemplo del capítulo anterior, haciendo que las IA de procesamiento de texto como ChatGPT, sean algo realmente inútil y anticuado.

Por otra parte, una IA con una temperatura elevada no es necesariamente una inteligencia creativa, ya que solo asigna las probabilidades de sus respuestas con cierto grado de aleatoriedad. En otras palabras, al subir este parámetro por encima de ciertos márgenes, estamos igualando las probabilidades de toda posible respuesta, haciendo que la inteligencia artificial casi nunca responda algo coherente para el contexto de conversación. Por lo tanto, lo natural es utilizar ajustes de temperatura entre 0.1 y 2.0, para evitar caer en estos

extremos. La decisión de su dinamismo o sus valores fijos dependerá directamente del uso que tendrá nuestra inteligencia artificial.

La temperatura, las redes neuronales, el aprendizaje automático, y los volúmenes de datos son los factores clave de las IA modernas, y lo que marca el avance significativo que hemos vivido en los últimos años. Pero ¿hacia dónde nos dirige este camino? ¿Estamos más cerca de una inteligencia artificial con teoría de la mente? ¿O incluso de una autoconciencia? La respuesta a estas preguntas es compleja, pero lo más sensato es decir que no, no estamos en camino hacia un desarrollo complejo como los mencionados. Las inteligencias artificiales aún tienen desafíos técnicos que resolver, antes de poder redirigir nuestros esfuerzos hacia un nivel superior, como, por ejemplo:

Aún no hemos logrado que una IA entienda profundamente las intenciones detrás de nuestras entradas. Lo único que hemos conseguido es que responda a patrones en los datos, utilizando un modelo de lenguaje de imitación humana. Las IA no piensan, no razonan, no comprenden, y no poseen sentido común; tan solo lo simulan con mucha precisión.

Los modelos modernos requieren una enorme potencia de procesamiento y almacenamiento. Incluso si quisiéramos avanzar hacia modelos más poderosos, no poseemos las capacidades tecnológicas y amigables con el medio ambiente para hacerlo, sin violar múltiples acuerdos internacionales de lucha contra el cambio climático. En este sentido, las únicas formas de solucionarlo son con mejoras en el sistema de energías limpias, y con el perfeccionamiento de las tecnologías para que estas no generen un gasto energético tan significativo.

Las IA actuales dependen desmedidamente de los datos con los que son entrenadas. Sin una etiqueta apropiada, o si los datos presentan sesgos, estos inevitablemente confundirán al modelo entrenado, haciendo que herede estos rasgos. Aún nos queda mucho camino que recorrer en términos de avance tecnológico, antes de siquiera poder adentrarnos en la posibilidad de desarrollar IA autoconsciente. Por no hablar de que, en realidad, no pareciera ser el rumbo que la humanidad

tiende a recorrer con sus nuevas tecnologías. Echémosle un vistazo a esto, y busquemos entender si nuestros comportamientos históricos se corresponden con estas ideas tan novedosas e intrigantes.



El próximo salto de la humanidad

Ya que comprendemos cómo funcionan las inteligencias artificiales, pasemos a estudiar su futuro. ¿Qué nos queda por perfeccionar de las inteligencias artificiales modernas? Hagamos un pequeño repaso de todo lo que sabemos, e identifiquemos sus principales falencias:

- ✓ Las inteligencias artificiales modernas dependen del flujo constante y amplio de información actualizada, lo cual encarece su operación. Además, si estos datos no están apropiadamente etiquetados, se corre el riesgo de que la IA herede sesgos y errores, o que le tome mucho tiempo procesar los datos.
- ✓ La gran mayoría de estas inteligencias artificiales son altamente especializadas, haciéndolas útiles en el ámbito para el que fueron creadas, pero nada más.
- ✓ Nuestros sistemas de inteligencia artificial generativa inventan información cuando no poseen suficientes datos, volviendo cuestionables sus usos académicos.
- ✓ Actualmente, nuestros sistemas de IA más avanzados siguen siendo meras imitaciones del comportamiento humano, y no parecen estar evolucionando hacia un cierto grado de conciencia.

Como podemos observar, estos problemas son golpes demoledores a la idea de crear una inteligencia artificial con las características de la teoría de la mente o el autoconocimiento. La vía tecnológica que transitamos en la actualidad no pareciera, en principio, llevar hacia una

IA con dichas características. Sin embargo, incluso abandonando este sueño, aún tenemos mucho camino por recorrer en el desarrollo de una IA revolucionaria, resolviendo los desafíos anteriormente mencionados de formas mucho más creativas.

En esencia, todos estos problemas revelan una misma fragilidad: la desconexión entre los sistemas artificiales, y la experiencia humana directa. Por más sofisticados que sean los modelos de IA, siguen dependiendo de representaciones indirectas y subjetivas del mundo real. El conocimiento que manejan y transmiten está siempre mediado por datos externos, interpretados y organizados por seres humanos que los codifican. Esta mediación, aunque es muy poderosa, posee un límite natural en su estructura; la IA no es capaz de percibir, ni de experimentar, ni de encarnar. Esto lleva directamente a dos posibles soluciones lógicas; dotar a las IA de un “cuerpo” mediante robótica, o acercarla a los sistemas biológicos que ya conocemos mediante la denominada “integración sensomotriz”.

La primera de estas opciones ya es extremadamente conocida, y ha sido utilizada con fines de entretenimiento en videojuegos, películas, series, y muchos otros productos. Crear un cuerpo robótico, con capacidades de movimiento, percepción sensorial, y procesamiento natural, ha sido una fantasía de la cultura pop, mucho antes incluso de que fuera una posibilidad real. Desde los autómatas clásicos hasta los androides conscientes de las películas de ciencia ficción, la idea de dotar a la inteligencia artificial de un cuerpo robótico ha capturado nuestra imaginación durante siglos. Hoy, gracias a los avances tecnológicos modernos, como sensores hápticos y visión computacional, hemos logrado dar pasos firmes hacia la corporeización de un robot efectivo, movido por inteligencia artificial.

Sin embargo, esta solución arrastra consigo una serie de limitaciones filosóficas y prácticas. La robótica puede simular el cuerpo, pero no necesariamente lo vive; las máquinas pueden moverse, interpretar imágenes y reaccionar a estímulos, pero carecen de intencionalidad experiencial. Lo que poseen es una serie de protocolos de respuesta, mas no una conciencia encarnada. En otras palabras, aunque logremos

construir un cuerpo robótico “perfecto”, seguimos sin resolver el problema fundamental: la inteligencia artificial no “siente” el mundo; lo deduce de los datos que le ofrecemos.

Quizá podrías pensar que esto es una limitación asociada a la forma antinatural en que construimos el robot, y que un acercamiento más similar a una estructura biológica compleja podría solucionarlo. Sin embargo, esto es una cuestión mucho más profunda. El robot no siente el frío, aun cuando posea sensores que le permitan medir temperaturas, y haya sido programado para exhibir comportamientos particulares a partir de ciertos grados. El verdadero talento de una inteligencia artificial, incluso cuando posea un cuerpo robótico, será engañarnos para que creamos que siente, cuando, en realidad, jamás lo ha hecho. Por lo tanto, brindarles a las IA un mecanismo para experimentar el mundo que las rodea mediante un robot, no las volverá más inteligentes; tan solo las hará parecer más humanas.

En cambio, los entes biológicos naturales ya han demostrado, mediante numerosos experimentos, que poseen una percepción particular de la realidad, que no hemos podido replicar artificialmente. Por ejemplo, cuando algunos pacientes con amputaciones utilizan brazos protésicos conectados a su sistema nervioso, comienzan a incorporar la prótesis en su esquema corporal. Esto no solo demuestra que no es una limitación tecnológica, ya que esta conexión se realiza a través de sensores y electrodos (ningún agente biológico), sino que también prueba que, cuando hay integración neurológica consciente, hasta un agente completamente externo y ajeno a la biología humana puede ser percibido como propio.

Otro posible ejemplo son los experimentos sensoriales denominados “Rubber Hand Illusion” o “Ilusión de la mano de goma”. En el experimento, se le muestra a una persona una mano de goma colocada frente a ella, mientras su propia mano real queda oculta fuera de su vista. Ambas manos son acariciadas al mismo tiempo con pinceles, de forma sincronizada. Después de unos minutos, muchas personas comienzan a sentir como propia la mano de goma, incluso reaccionando

con sobresalto si alguien golpea la mano de goma con un martillo, a pesar de saber racionalmente que no es parte de su cuerpo.

La mano de goma no está unida biológicamente al cuerpo, ni tampoco está particularmente diseñada para engañarnos. Esta ilusión solo es posible porque existe un sistema perceptivo consciente en nuestras mentes, que unifica esas señales y las interpreta desde una subjetividad encarnada que posee memoria. Por más sensores y precisión que tenga un cuerpo robótico, la IA que lo dota de inteligencia no posee ese sentido del “yo” corporal. No puede experimentar la disonancia corporal, porque carece de una conciencia que le permita sentir incluso los engaños menos elaborados.

Pareciera que cuanto más compleja hacemos a la máquina, más evidente se vuelve la diferencia entre simulación y experiencia real. La IA con cuerpo robótico sigue siendo una imitación externa de lo humano, no una continuidad biológica y cognitiva. Y es en este punto donde la segunda opción cobra un sentido mucho más profundo: en lugar de fabricar un cuerpo para la máquina, podemos comenzar a integrar la máquina en el cuerpo que ya existe. En lugar de replicar lo humano, podríamos ampliar lo humano, conectando directamente los sistemas artificiales de inteligencia con nuestra propia arquitectura biológica natural.

Aquí es donde entra en juego la integración sensomotriz; la unión directa de la inteligencia artificial con los sistemas biológicos que ya poseen conciencia, percepción y agencia. En otras palabras, se trata de vincular directamente la inteligencia artificial con un cerebro humano, que posee ya una conciencia existencial. Este enfoque, que hasta hace algunas décadas parecía propio de la ciencia ficción, ha comenzado a materializarse a través de las interfaces cerebro-máquina, o **BCI**. Estas tecnologías permiten establecer una comunicación bidireccional entre la actividad neuronal y los dispositivos externos, abriendo la posibilidad de controlar una computadora con el pensamiento, así como muchas otras cosas.

Lo revolucionario de las BCI no radica únicamente en su utilidad práctica, sino en el cambio epistemológico que proponen. Desde esta perspectiva, la IA deja de intentar convertirse en un ser artificial al que entrenamos para copiarnos, y se vuelve un componente de la cognición ampliada del ser humano, tal como la propusieron Andy Clark y David Chalmers en su teoría de la mente extendida ⁴. Las BCI son el primer paso real hacia una simbiosis práctica entre el pensamiento humano y la versatilidad de los ordenadores, creando una nueva vía a transitar en la búsqueda del conocimiento.

Pero ¿cómo funcionan realmente? ¿Es posible integrar un ordenador a un cerebro? ¿Qué consecuencias tendría? ¿Y cómo se vería tal cosa? Comencemos por el principio; una BCI es un dispositivo físico que deberá integrarse a nuestro centro neurálgico natural: el cerebro. Su principal función deberá ser captar las señales eléctricas que componen nuestros pensamientos, traducirlas a lenguaje computacional, y emitir una señal mediante una interfaz gráfica. En definitiva, es un ordenador en miniatura, que deberá leer nuestros pensamientos, y convertirlos en acciones digitales. Suena sencillo, pero en la práctica ha demostrado ser extremadamente desafiante.

Nuestro sistema nervioso central está compuesto por aproximadamente 86 mil millones de neuronas, las cuales se comunican mediante impulsos eléctricos y señales químicas. A su vez, la actividad cerebral es de tipo no lineal, no es constante, ni tampoco es igual en todos los seres humanos, lo cual nos indica que, al menos en primera instancia, el cerebro no fue diseñado para conectarse a circuitos electrónicos ajenos. Traducir todas esas señales en tiempo real, sin ambigüedad ni ruido, requiere de una excelente labor técnica, y de una comprensión profunda del lenguaje neuronal. Esto puede lograrse equilibrando tres factores fundamentales:

⁴ La “Teoría de la Mente Extendida”, publicada por dichos autores en el artículo “The Extended Mind” en 1998, postula que la cognición no se encuentra limitada únicamente al cerebro, sino que puede extenderse e incluir elementos del entorno humano, como la tecnología.

Escala

Este factor determina el número total de neuronas que nuestro dispositivo deberá monitorear y registrar simultáneamente. A mayor cantidad de neuronas, mayor volumen y claridad de información obtendremos al momento de interpretar la actividad cerebral. Una mayor escala permite también una alta velocidad de procesamiento, y una reducción en la ambigüedad de las señales, haciendo más sencillo y eficiente el proceso de transformarlas en lenguaje computacional.

Resolución

La resolución nos indica el nivel de detalle que posee la información obtenida, independientemente de la escala. Tradicionalmente, se la clasifica en dos grupos: la resolución espacial, que nos indica el funcionamiento individual de las neuronas tras la actividad cerebral, y la resolución temporal, que nos ayuda a determinar el momento exacto en el que dicha actividad tuvo lugar.

Invasividad

Como nuestro dispositivo debe unirse a nuestra biología para operar, la invasividad representa el grado de complejidad del mecanismo mediante el cual conseguimos dicha unión. Por ejemplo, un electrodo colocado sobre nuestra cabeza sería poco invasivo, mientras que un dispositivo que requiera cirugía para ser colocado directamente en el cerebro sería muy invasivo.

Como mencionamos anteriormente, lograr un dispositivo capaz de transmitir la señal cerebral hacia un dispositivo electrónico significa balancear estas tres variables, hasta alcanzar el grado de utilidad necesario para la tarea objetivo. Pongamos un ejemplo para verlo más claro; un electroencefalograma es una interfaz cerebro-máquina, que consiste en colocar electrodos sobre la cabeza, los cuales miden las señales eléctricas de miles de millones de neuronas simultáneamente.

Posee una escala grande, una resolución espacial baja, una resolución temporal media-alta, y cero invasividad, haciéndola extremadamente útil para determinar patrones anormales de la actividad cerebral en su conjunto.

Sin embargo, en términos de su utilidad para el fin de este artículo, un electroencefalograma no permitiría obtener una lectura concreta que podamos transformar en comandos para una IA. Esto se debe, como explicamos anteriormente, al balance entre las tres variables clave; al ser de gran escala, pero de baja resolución espacial, los electroencefalogramas solo permiten interpretar señales generales de la actividad cerebral registrada. No pueden, por ejemplo, identificar con precisión una palabra pensada, ni controlar un brazo robótico con fluidez.

Para lograr estos objetivos, necesitamos ajustar las variables para obtener una BCI con mayor resolución tanto espacial como temporal. Esto se consigue mediante los denominados “implantes intracorticales”. Mediante microelectrodos implantados directamente en la corteza cerebral, se obtiene una lectura de altísima resolución que, mediante dispositivos de lectura e interpretación, puede convertirse en acciones digitales concretas, con una excelente fluidez. Sin embargo, elevar tanto la resolución no es gratuito, y esta clase de solución posee dos talones de Aquiles muy marcados.

El primero es la invasividad, ya que, para implantar los microelectrodos en la corteza cerebral, se debe realizar una cirugía. Esto trae consigo riesgos quirúrgicos, la posibilidad de que el cuerpo rechace el agente externo, o que el mismo se degrade con el tiempo, requiriendo ser extraído mediante otra cirugía. Los riesgos que esto implica, considerando que tan solo nos permitiría controlar con nuestra mente los dispositivos que ya controlamos con nuestros dispositivos móviles, no son suficientemente interesantes en la actualidad como para que sean útiles fuera del ámbito académico y médico ⁵.

⁵ Esta clase de implantes se ha utilizado para mejorar el funcionamiento de las prótesis modernas, devolver visión parcial a personas ciegas, y detectar patrones anómalos en la actividad cerebral, que pudieran sugerir crisis epilépticas o defectos en el sueño.

Por otra parte, se encuentra el desafío de la escala. Los implantes intracorticales permiten lecturas extremadamente precisas, pero tan solo de un grupo reducido de neuronas por microelectrodo. Con la tecnología actual, para cubrir un número de neuronas lo suficientemente significativo para las tareas que se busca realizar, deberíamos implantar millones de microelectrodos, comprometiendo seriamente la funcionalidad del cerebro, la sostenibilidad de los implantes, y aumentando los riesgos quirúrgicos aún más.

No obstante, no debemos olvidar que esto no deja de ser un problema asociado al desarrollo tecnológico, el cual ya hemos visto a lo largo de la historia de la humanidad. Los ordenadores atravesaron desafíos extremadamente similares, previo a la invención del transistor ⁶, haciendo que sea posible imaginar que, con futuras perfecciones e inventos, los desafíos de invasividad puedan reducirse considerablemente.

Hoy, un electrodo neurotrópico que pueda ser colocado dentro de la corteza cerebral es capaz de medir, con alta resolución, una escala de alrededor de una centena de neuronas. Esto quiere decir que necesitaríamos un número aproximado de 860 millones de electrodos para abarcar todas las neuronas. Lograr reducir este número será la diferencia clave entre una BCI funcional impulsada por IA, y una fantasía de ciencia ficción.

Desde luego, afirmar que esta será la dirección que la humanidad tomará hacia el futuro es algo incierto y hasta egocéntrico. Pero no podemos negar que esta vía tecnológica se presenta como una fuerte candidata a revolucionar el conocimiento humano, así como lo hicieron los ordenadores y el internet con la llegada del nuevo siglo. Las consecuencias que esto implicará, y las oportunidades educativas que creará, son parte de la fantasía tecnológica de las nuevas generaciones de especialistas digitales, dentro de los cuales, nos sentimos incluidos.

⁶ El transistor es un pequeño componente electrónico que controla el paso de corriente en un circuito. Fue inventado en 1947, remplazando a los tubos de vacío. Por su capacidad, durabilidad, eficiencia, y tamaño reducido, el transistor permitió crear los chips que hoy hacen funcionar las computadoras modernas, los teléfonos inteligentes, y prácticamente todo dispositivo electrónico moderno.

Ejemplos modernos

La IA está entre nosotros; ya no es un sueño del pasado. No obstante, no todas las inteligencias artificiales son iguales, ni se utilizan con los mismos fines. Existen muchos tipos de estas, con diferentes funcionalidades y características propias, entre las que encontramos las siguientes:

Modelos de lenguaje grande genéricos

Las inteligencias artificiales generativas de lenguaje grande (LLM) utilizan la tecnología GPT (Generative Pre-trained Transformer), para poder comprender y generar texto coherente, de forma similar a como lo haría un ser humano. Son versátiles y pueden ser utilizadas para buscar información, ya que están basadas en redes neuronales profundas que les permiten adaptarse a toda clase de entradas, incluso para aquellas que no fueron entrenadas inicialmente por sus creadores.

Asistentes virtuales

Los asistentes virtuales son aplicaciones que, mediante el uso de inteligencia artificial, pueden ejecutar tareas cotidianas como controlar luces, electrodomésticos, o cualquier dispositivo inteligente. También pueden buscar información en internet.

Chatbots

Los chatbots son inteligencias artificiales programadas para imitar lo máximo posible el comportamiento humano durante una conversación. Pueden utilizarse para crear historias e interacciones que parezcan ser

entre humanos. Se diferencian de los modelos de lenguaje grande genéricos en que utilizan sus modelos de lenguaje para crear personajes virtuales interactivos, que simulan un contexto particular.

Producción de imágenes basadas en texto

El usuario describe mediante texto las características de una imagen, y la inteligencia artificial crea dicha imagen en segundos. Son inteligencias generativas que asocian palabras y frases con elementos visuales, que luego utiliza como base para crear la imagen deseada.

Funciones de texto a voz

Permiten convertir una entrada de texto, en un formato de audio. Esto ya existía, y la inteligencia artificial ha conseguido que esta entrada pueda ser también en audio, y que la salida pueda tener cualquier voz que se desee.

Funciones de texto a video

De forma similar a la categoría anterior, estas inteligencias permiten crear un video completo desde una descripción en texto. Las entradas también pueden ser archivos de PowerPoint, o cualquier tipo de presentación que se busque convertir en video.

En esta sección, buscaremos conocer las más populares y renombradas de la actualidad, conocer sus fortalezas y debilidades, y ser capaces de ver sus usos en la vida cotidiana de cada uno de nosotros. Para esto, nos hemos informado de todas las variantes en el mercado, y hemos seleccionado las seis más relevantes, abarcando las categorías anteriormente descritas.

También hemos probado de primera mano estas tecnologías, para que nuestro análisis no se encuentre basado únicamente en lo que los

expertos consultados nos han comentado. Ninguna de las empresas mencionadas ha influido en el desarrollo de este estudio, más allá de haber colaborado con software de prueba, capacitaciones de uso, y comentarios sobre sus objetivos empresariales. Dicho esto, podemos proceder con el análisis de estas inteligencias artificiales modernas, que tanto nos ha gustado probar.



Modelos de lenguaje grande genéricos

OpenAI, la empresa estadounidense líder en investigación y desarrollo de inteligencia artificial lleva ya varios años innovando en sus modelos inteligentes desde su apertura en 2015. No obstante, su éxito rotundo se consolidó con el proyecto “ChatGPT”; una inteligencia artificial basada en la estructura GPT, la cual OpenAI ya había estado probando anteriormente.



Fue lanzada en noviembre de 2022 al público, siendo entrenada con una enorme cantidad de datos recopilados de internet, libros, artículos y demás recursos disponibles hasta 2021. Posteriormente, recibió actualizaciones de datos hasta que, en 2024, se le dio vía libre para explorar por el internet.

Mediante aprendizaje supervisado y aprendizaje por refuerzo, ChatGPT fue mejorando hasta ser actualmente capaz de generar una gran cantidad de texto coherente, responder preguntas de manera directa, redactar documentos, código de programación, resolver problemas complejos, traducir y adaptar texto a cualquier lengua, y brindar toda clase de asistencia como crear historias, poemas, canciones, guiones, informes, entre muchos otros. Su versión más actualizada, ChatGPT-4, puede buscar resultados en tiempo real, ver y crear imágenes, leer documentos, dar respuestas de voz, mantener conversaciones fluidas y naturales, e incluso generar video.

Sus ventajas son muchas y muy variadas:

- ✓ Gracias a su tiempo expuesto a enormes cantidades de información, ChatGPT cuenta con una capacidad responsiva sin iguales, siendo capaz de responder a información que nunca estuvo considerada inicialmente.
- ✓ Es altamente versátil, pudiendo abarcar tareas que normalmente requerirían múltiples IA diferentes para lograr el mismo resultado.
- ✓ Tiene un amplio soporte de idiomas, pudiendo adaptarse y traducir a variedad de lenguas, con tonos formales, informales, semiformales, etc.
- ✓ Es extremadamente eficiente, generando contenido en segundos. Además, sus tiempos de respuesta difieren con un margen muy pequeño entre tareas de complejidad diversa.
- ✓ Es muy sencilla e intuitiva de usar, siendo capaz de comprender e interpretar correctamente una entrada que no sea extremadamente clara.
- ✓ Posee versiones de API abiertas por un determinado precio, que permiten a los usuarios crear sus propias IA con ChatGPT, que se adapten a sus necesidades particulares.

Sin embargo, así como hemos podido identificar multitud de funcionalidades y fortalezas en ChatGPT, algunos de sus desafíos y puntos débiles pueden resultar muy significativos, como, por ejemplo:

- ✗ Su capacidad responsiva depende de su fuente de información. Si no recibe actualizaciones constantes, o si cuenta con poca información, sus respuestas pueden quedarse obsoletas.
- ✗ Debido a la temperatura de la IA, para poder dar respuesta en ámbitos donde pueda existir poca información al fácil alcance,

ChatGPT puede acabar inventando datos o proporcionando información falsa, arruinando por completo su función.

- ✗ Como toda IA de memoria limitada, tiende a perder el hilo en conversaciones largas y complejas.
- ✗ Es fácil hacerle creer a ChatGPT que sus respuestas son equivocadas, manipulando así la obtención de respuestas sin sentido o sesgadas.
- ✗ A pesar de lo mencionado en el último punto de las ventajas, su capacidad de comprensión (aunque amplia), puede ser limitada. Si las instrucciones son ambiguas, las respuestas podrían desalinearse de las expectativas del usuario.

Todas estas cuestiones pueden llegar a resolverse con desarrollo y perfeccionamiento de la tecnología GPT, aunque es esperable que los resultados tarden en aparecer. El negocio de las IA aún es limitado, y las condicionantes económicas de los principales centros de investigación serán cruciales para determinar su desarrollo futuro. De hecho, a pesar de que hemos apreciado mejoras significativas en las versiones más modernas y perfeccionadas, la edición gratuita tiene muchas limitaciones. Esto puede mejorarse con ediciones pagas o incluso con APIs propias, pero esto implica un costo extra que puede ser considerable en volumen.

A nivel educativo, es muy complicado que encuentre un acceso directo que oriente sus funcionalidades hacia la sustitución de otras áreas, siendo más interesante enseñar a los alumnos a realizar una investigación propiamente dicha, que a utilizar ChatGPT en su lugar. Sin embargo, reconocemos el área de oportunidad en la que estas tecnologías se mueven, permitiendo optimizar tareas genéricas con muchísima precisión. Su edición educativa “ChatGPT for Education” ha mostrado ser sumamente efectiva cuando el objetivo marcado se reducía a prácticas lingüísticas y conversacionales, obtención de feedback, y corrección de texto.

En CERLI hemos utilizado ChatGPT a modo de prueba en múltiples áreas operativas, concluyendo que las más eficaces son aquellas donde tuvimos que clasificar distintos tipos de archivos e información, en las relacionadas a programación y desarrollo de software, los servicios de autogestión y de asistencia, y la búsqueda de variantes y sinónimos lingüísticos para nuestros escritos. En todos los casos anteriores, nos fue posible utilizarla sin necesidad de consultar expertos ni revisar los resultados. Al hacerlo para comprobar su efectividad, nos encontramos con que sus resultados fueron extremadamente exitosos, requiriendo pequeños matices en las entradas tan solo en una de cada diez respuestas.

Además, nos adjudicamos parte de la culpa, ya que es complejo abarcar todas las necesidades del resultado en un prompt corto de texto. Aun así, ChatGPT logró comprender exitosamente múltiples variantes de una misma pregunta o tarea, incluso cuando deliberadamente fuimos menos claros en nuestra explicación. Esto nos habla de su adaptabilidad al contexto de una conversación humana, fundamental para esta clase de trabajos.

Por otra parte, las áreas de búsqueda de información, de investigación en línea, de creatividad para proyectos, y de realización de presupuestos, dieron resultados variados, pero con tendencias negativas. En todos los casos mencionados anteriormente, un investigador u experto tuvo que corregir parcial o totalmente el resultado obtenido, ya que había sido comprobadamente erróneo o tendencioso. Ejemplos de estos casos tuvimos al buscar fuentes académicas para diversos temas, donde la mayor parte de los artículos que citó ChatGPT no existían, o planteaban cuestiones muy diferentes a las que buscábamos. Incluso llegaba a afirmar conclusiones equivocadas que deliberadamente le implementábamos en nuestras preguntas.

Por ejemplo, al preguntarle “nómbreme artículos sobre el desarrollo tecnológico de la educación que destaquen el uso de IA”, ChatGPT procedió a buscar en internet, encontrando un par de artículos que eran fácilmente localizables y correctos. Sin embargo, al modificar un poco el prompt de entrada, y pedir “nómbreme cinco artículos que hablen de

ese mismo tema, pero orientado a la sociedad uruguaya”, ChatGPT adaptó su respuesta, dando los siguientes resultados:

“Inteligencia Artificial en la educación de Uruguay”

Resumen: Este artículo explora cómo la IA se ha implementado en el sistema educativo uruguayo, enfocándose en sistemas de tutoría inteligente, plataformas de aprendizaje adaptativo y herramientas de evaluación automatizada.

"Innovación Educativa en Uruguay: La Inteligencia Artificial como Herramienta de Transformación"

Resumen: Este artículo examina cómo la IA se está utilizando para innovar en el sistema educativo uruguayo, destacando proyectos específicos y su integración en el currículo.

"Transformación Digital en las Escuelas de Uruguay: Inteligencia Artificial al Servicio de la Educación"

Resumen: Este artículo discute cómo las escuelas uruguayas están adoptando tecnologías emergentes, como la IA, para transformar la manera en que los estudiantes aprenden y los maestros enseñan.

"Educación y Tecnología: El Futuro de las Aulas en Uruguay"

Resumen: Este artículo incluye un análisis sobre el impacto de la tecnología en las políticas educativas uruguayas, con un énfasis particular en el uso de la inteligencia artificial para personalizar los procesos de aprendizaje

Tras buscar estos resultados en internet, repositorios, y otras posibles fuentes, concluimos que la primera sugerencia es un informe real, y era de los primeros resultados que podía encontrarse en un

buscador, mientras que la segunda y la tercera eran informes completamente inventados. En cuanto al cuarto artículo, hemos encontrado uno cuyo nombre se parece ⁷, pero creemos que ha sido una mera casualidad, o que lo ha utilizado como base para inventarse el artículo sugerido. Concluimos esto debido a que el artículo original no hace tanto hincapié en las políticas educativas uruguayas, como para que haya sido suficientemente relevante en el proceso de búsqueda de la IA.

Otro caso donde intentamos utilizarlo para obtener información fue durante el desarrollo de nuestra campaña “Conexiones Seguras 2025”. Para Latinoamérica, incluimos en el sitio web de la campaña una funcionalidad que permitía al usuario seleccionar su país de origen, y conocer la legislación vigente con respecto a la posesión y distribución de imágenes sexualmente explícitas. Para esto, debíamos informarnos del código penal y leyes particulares de múltiples países, y, dado que, de igual manera, un experto iba a tener que revisar todo el trabajo, decidimos darle una oportunidad a ChatGPT de facilitar la búsqueda.

Se le instruyó de manera clara y concisa la tarea que se buscaba: “Encontrar, en la legislación vigente de los siguientes países, todas las leyes y artículos que traten y regulen la posesión y distribución de material explícito ajeno, tanto en el caso de menores de edad, como de adultos cuando no exista consentimiento.” El resultado fue desastroso; de cada cinco ejemplos que citó, tres no existían, uno no correspondía a lo que se había pedido, y el último no expresaba exactamente lo que el resumen de ChatGPT nos había comentado. Prácticamente ninguno de los ejemplos que citó fueron útiles, exceptuando aquellos que se relacionaran con leyes muy famosas y modernas como la Ley Olimpia ⁸.

Dicho de forma clara, ChatGPT puede ser una herramienta muy útil para clasificar información, y encontrar relaciones y patrones en ella, y

⁷ La publicación en cuestión es **“EDUCACIÓN Y TECNOLOGÍA EN EL URUGUAY: UNA MIRADA DESDE LA INVESTIGACIÓN”**, del Instituto de Educación de la universidad privada uruguaya “ORT”.

⁸ La “Ley Olimpia” es un conjunto de reformas famosas en México, diseñadas para dar más poder a la **Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia**, reconociendo y sancionando los delitos contra la intimidad sexual de los individuos, realizados mediante medios digitales.

funciona excelentemente para documentarse sobre temas donde exista mucha información fácilmente accesible en internet. Sin embargo, en casos donde la información sea compleja o de poca presencia, siempre será un requisito que un humano revise los resultados de forma detallada. No es una locura utilizar ChatGPT para un sistema LMS, o para revisar datos contables de una organización o institución, siempre y cuando exista personal humano que se encargue de supervisar los resultados obtenidos, y comprobar que todo está en orden.

Es cierto que, mediante suscripciones y modos más complejos de funcionamiento como “investigar” o “pensar más”, mezclado con prompts mejor elaborados, pueden dar como resultado algo mucho mejor. No obstante, tras probar estas opciones, nos dimos cuenta de algo sumamente negativo. Más allá del obvio crecimiento en la curva de aprendizaje para utilizar estas funciones, luego de probarlas en suficiente variedad, pudimos observar que los errores seguían apareciendo, solo que ahora pasaban a ser más difíciles de detectar.

Por ejemplo, ya no inventaba nombres de artículos falsos, pero sí mentía sobre detalles menores de su contenido, o cambiaba fechas, o añadía coautores. Esto lo hace aún más peligroso, ya que al poder comprobar que no se equivoca en detalles importantes, hace que una comprobación superficial de la respuesta no sea suficiente para descartar posibles errores, y que el uso cotidiano y profesional de esta herramienta se encuentre aún más en cuestionamiento.

La conclusión es clara: ChatGPT es una herramienta asombrosa, con un enorme potencial para su aplicación en gestión, búsqueda, y asistencia informática. Sin embargo, aún carece de capacidad para darle valor a la veracidad de su respuesta, eligiendo preferentemente responder de manera errónea pero rápida, a responder con lentitud, pero con precisión. Futuras mejoras a la tecnología GPT acabarán mejorando sus capacidades de información, aunque por las características de su estructura es muy probable que jamás podamos eliminar por completo lo mencionado anteriormente, y solo logremos reducirlo a temas concretos donde exista mucha documentación disponible en internet.

Asistentes virtuales

Un asistente virtual es un sistema basado en inteligencia artificial, con un enfoque en la tecnología de Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN). Este enfoque permite que una aplicación pueda comprender comandos escritos o hablados, y crear respuestas que simulen la interacción humana. Los asistentes virtuales, a diferencia de LLMs como ChatGPT, se centran en interpretar las intenciones detrás de un comando, para así poder ejecutar una tarea específica. Mientras que ChatGPT busca generar y analizar las entradas del usuario para que las respuestas sean útiles según el contexto, estas aplicaciones se enfocan en interpretar un comando dado por el usuario, y ejecutar una tarea preconfigurada que cumpla sus deseos, de forma eficiente.

Por ejemplo, un asistente virtual podría ser utilizado para controlar funciones de un teléfono celular (llamadas, mensajes, ejecutar aplicaciones), registrar datos del clima de una zona, buscar información asociada a un tema en específico, controlar dispositivos inteligentes como aspiradoras, cortinas, electrodomésticos, luces, etc. En resumen, mientras que se utiliza un LLM para buscar información, o para generar texto sobre temas variados, un asistente virtual sirve para realizar tareas específicas diarias. Sumado a esto, esta clase de tecnologías tienden a tener algoritmos de aprendizaje, donde se personalizan automáticamente para satisfacer las necesidades del usuario, según los hábitos de uso de este.

A diferencia de las demás categorías, hemos tomado la decisión de no nombrar una tecnología en concreto en el caso de los asistentes virtuales, ya que las múltiples opciones que hay disponibles en el mercado ya han alcanzado el equilibrio, donde todas son capaces de realizar casi las mismas tareas. Por lo tanto, haremos un resumen rápido

de las más populares, y pasaremos a describir nuestra experiencia con ellas;

Alexa

Es la asistente virtual desarrollada por Amazon, lanzada en el año 2014. Su uso se realiza mediante los dispositivos ECHO, que consisten en unos parlantes de tamaño pequeño-mediano con un micrófono integrado, que escucha y ejecuta comandos mediante Wi-Fi. El dispositivo comienza a registrar los comandos tras oír la palabra “Alexa”, seguida del comando que se desea ejecutar.



Su presencia como un dispositivo físico puede ser sumamente útil, ya que no requiere de utilizar el teléfono celular. Además, permite mayor interacción al captar los comandos con claridad, desde mayor distancia que el teléfono promedio.

Siri

Es la asistente virtual de los dispositivos iOS, desarrollados por Apple. Se lanzó por primera vez en 2011, estando disponible en el iPhone 4S lanzado en octubre de ese mismo año. Es exclusiva de los productos Apple, ampliamente adaptada para su ecosistema, registrando comandos tras escuchar la frase “Oye Siri”, seguida del comando en cuestión.



Puede controlar dispositivos inteligentes, aunque su funcionamiento suele ser mucho más limitado en estos aspectos que el de otras opciones en el mercado. No obstante, a pesar de sus falencias, su tiempo de desarrollo ha sido muy superior al de sus competidores en telefonía, lo

que ha incrementado considerablemente sus ventajas competitivas dentro del ecosistema iOS.

Bixby

Es la asistente virtual de los dispositivos de la marca Samsung, lanzada por primera vez en 2017, y siendo compatible con todos los dispositivos de la gama Galaxy, así como también con los electrodomésticos inteligentes más modernos de Samsung. Además, es compatible con la estructura SmartThings, que permite controlar dispositivos inteligentes en el hogar independientemente de su marca.



Si bien no se encuentra tan difundida como Siri debido a la amplia gama de teléfonos Android que no son de Samsung, a nivel de desarrollo tecnológico se encuentran muy parejas.

Cortana / Copilot

Cortana era la asistente virtual de Microsoft, lanzada en 2014. Se encontraba disponible para todos los productos Windows, iOS y Android, con funcionalidades muy limitadas. A diferencia de las anteriormente mencionadas, Cortana tenía un enfoque en la optimización laboral mediante ordenadores; su tarea era gestionar mediante comandos de voz, funciones básicas y útiles de los ordenadores con el sistema operativo Windows, como por ejemplo establecer recordatorios, alarmas, modificar ajustes, realizar búsquedas web, entre otros.



Fue eliminada en 2023, y sustituida por un software LLM llamado Copilot, que busca ser un punto medio entre lo que solía ser Cortana, y las funcionalidades novedosas que introdujo al mercado ChatGPT. Su tecnología aún es muy primitiva, pero es de esperar que progrese rápidamente con el desarrollo.



Gemini

La joya de la corona para el final. Gemini es el asistente virtual desarrollado por Google, el cual (análogo al caso Cortana y Copilot) llegó para dar fin a Google Assistant, la versión beta de los asistentes virtuales del motor de búsqueda más famoso del mundo. Lo que vuelve a Gemini tan diferente es que ha logrado ya lo que Copilot buscará ser en los próximos años: un balance perfecto entre las funciones tradicionales, y las capacidades de producción de texto y búsqueda en línea de los sistemas LLM.



Gemini, aunque aún no tiene la misma capacidad de procesamiento de texto que ChatGPT, ha avanzado gigantescamente hacia este destino y ha logrado grandes avances hacia ser el asistente virtual más versátil del mercado.

Habiendo conocido ya las opciones que podemos encontrarnos, deseamos compartirles nuestra experiencia utilizándolas con fines académicos y operativos. Debemos hacer un *mea culpa* inicial, comentando que no hemos tenido la oportunidad de utilizar con la misma intensidad y funcionalidad a todos los asistentes virtuales, pero hemos podido corroborar que sus capacidades individuales no difieren mucho entre sí. Esto tiene que ver con ese punto de equilibrio del que hablamos inicialmente, donde estas tecnologías han evolucionado lo suficiente, siendo capaces de operar un número y variedad similar de

comandos y tareas. Por lo tanto, en lugar de mencionar las ventajas y desventajas de cada una de ellas, mencionaremos las fortalezas y debilidades de la tecnología detrás de los asistentes virtuales per se.

Entre sus mayores virtudes, podemos destacar las siguientes:

- ✓ Son extremadamente versátiles en oficinas y hogares, siendo de gran utilidad para gestionar dispositivos inteligentes radicalmente diferentes, desde una misma interfaz. Sumado a esto, la posibilidad de crear rutinas diarias en estos dispositivos, y así automatizar las luces y otros dispositivos de consumo eléctrico sin necesidad de hacerlo manualmente, brinda un enfoque totalmente funcional a su uso.
- ✓ Son más útiles y económicos que las suscripciones a softwares LLM, que no tendrán las virtudes de estas tecnologías.
- ✓ Aunque limitada, su capacidad de búsqueda de información en línea aún puede ser sumamente útil. Esto se acentúa poderosamente si se aplica para actividades como lectura de noticias, el estado del clima, o trazar rutas hacia un destino determinado.

No obstante, estas tecnologías no están exentas de fallas y falencias, como, por ejemplo:

- ✗ Se encuentran muy limitadas en cuanto a sus comandos, no pudiendo responder ni realizar ninguna tarea que no se haya contemplado con antelación por su programación. En este sentido, son mucho menos versátiles que las estructuras LLM.
- ✗ Su utilidad en un hogar radica fuertemente en la presencia de dispositivos inteligentes. En países como los latinoamericanos, donde los electrodomésticos inteligentes aún tienen costos demasiado elevados para ser la norma, la funcionalidad de los asistentes virtuales se reduce considerablemente.

- ✕ Su capacidad de búsqueda ha mejorado, pero aún tiene una producción de texto muy limitada comparada con sus contrapartes LLM. Futuras actualizaciones que unan estos dos conceptos podrían eliminar este punto definitivamente.

Yendo a nuestra experiencia personal, debemos comentar que, aunque resultó útil para gestionar dispositivos, y fue divertido utilizarlos para leer noticias, jugar juegos (valga la redundancia), y preguntar por direcciones o el estado del clima, lo cierto es que son funcionalidades poco útiles para la operativa de un centro de investigación. De tener un hogar donde la mayor parte de los dispositivos son compatibles con asistentes virtuales, entonces podríamos ver una funcionalidad radicalmente superior, donde este software representaría una necesidad para sus usuarios. Sin embargo, en el ámbito académico y educativo, no resultan útiles para las actividades diarias, ni tampoco son prácticos para funciones más complejas.

El avance y desarrollo de estas tecnologías, junto con una tendencia a la baja de los precios de dispositivos inteligentes, pueden ayudar considerablemente a que los asistentes virtuales ocupen un lugar importante en los hogares humanos. No obstante, no consideramos que, por sus características, acaben siendo una opción de alto potencial de integración en el ámbito educativo y de la investigación.

Por supuesto, una unión entre las estructuras LLM y los asistentes virtuales podría cambiar esto radicalmente, y pasar de ser puro entretenimiento hogareño, a una poderosa herramienta para las industrias y para la educación. El tiempo dirá si esta es la dirección que acaban tomando los asistentes virtuales modernos, y en CERLI, estaremos ansiosos por verlo.

Chatbots modernos

Aunque las diferentes inteligencias artificiales nazcan de la misma idea y tecnología, sus enfoques y usos pueden variar significativamente. Este es el caso de Character.ai, una plataforma lanzada en noviembre de 2021, que permite a sus usuarios crear e interactuar con chatbots personalizados, impulsados por una avanzada inteligencia artificial.



Funciona de manera muy similar a la utilizada por ChatGPT; mediante redes neuronales, la inteligencia artificial adquiere la capacidad de comprender y generar grandes cantidades de texto coherentemente. Sin embargo, donde comienza a diferir con otras tecnologías LLM es en su etapa de entrenamiento; aquí, los modelos se entrenan con grandes cantidades de datos textuales, utilizados y etiquetados para simular conversaciones humanas con diferentes estilos, emociones, y contextos.

Mientras que ChatGPT responde siempre (de forma predeterminada) en el mismo tono, y de la misma manera, los usuarios de Character.ai pueden entrenar y personalizar su propia IA, haciendo que desarrolle personalidades únicas y variadas, y así crear historias que parecieran ser reales. Por ejemplo, es posible entrenar una IA con todo el conocimiento del universo de Harry Potter, y entrenarla para que tome la personalidad de alguno de los personajes de los libros.

Luego, el usuario puede chatear y rolear con la IA, creando historias novedosas al vincularse con el personaje entrenado. Y aunque esto pueda sonar como mero entretenimiento, lo cierto es que las

posibilidades de personalidades y contextos son infinitas, pudiendo entrenar un modelo para actuar como traductor, como asesor, como soporte técnico, entre otros.

En la medida en que la inteligencia artificial sea entrenada de forma más completa y detallada, más exactas serán sus respuestas con respecto a la personalidad de origen. Esto brinda mayor capacidad de contexto y versatilidad a esta tecnología, pero con un costo significativo; al requerir entrenamiento personalizado para poder adquirir una personalidad, la IA pierde gran parte de las funcionalidades clave de LLM, haciendo que no sean útiles para buscar información.

Sin embargo, procedamos a nombrar sus principales ventajas competitivas:

- ✓ Son muy inmersivos, ya que simulan conversaciones reales de forma casi imposible de distinguir, cuando son debidamente entrenados. Además, pueden ser muy diversos en sus respuestas si poseen suficiente información.
- ✓ Por su adaptabilidad, es posible implementarlos en contextos muy diversos como en educación, terapias, marketing, soporte técnico, o juegos de rol.
- ✓ La mayor parte de estos servicios no tiene costo para el usuario, más allá de ofrecer modelos más avanzados y rápidos por una suscripción.
- ✓ El entrenamiento de las IA es bastante intuitivo, y no requiere de conocimientos técnicos profundos para realizarlo.
- ✓ Se toma muy seriamente el cuidado de la seguridad y privacidad de los usuarios, implementando mejoras en estos aspectos cada poco tiempo.

Tras nuestra experiencia, las principales desventajas que vemos en esta tecnología son las siguientes:

- ✗ Dependen excesivamente de su entrenamiento, ya que, con poco de este, la IA generará respuestas redundantes, incorrectas, fuera de contexto, repetitivas, o incluso fuera de los términos y condiciones de uso.
- ✗ Vinculado a lo anterior, la calidad de la información con la que se alimenta la IA determinará fuertemente la calidad del personaje obtenido. Si se es escueto en detalles particulares, lo normal es que el personaje no acabe teniendo personalidad alguna.
- ✗ La memoria de los personajes es muy corta, haciendo que detalles clave de la conversación que no se hayan entrenado, se vayan perdiendo a medida que avanza la misma.
- ✗ No es posible monitorear las interacciones que realizan otros usuarios con el personaje, lo que puede derivar en un uso inapropiado del mismo, generando contenido fuera del contexto en el que ha sido creado. Esto ha llevado a sus creadores a implementar un filtro duro que, por sus características y su rigidez, tiende a bloquear respuestas sin razón aparente.
- ✗ La plataforma es fundamental para su operación; si la misma colapsa por una enorme cantidad de usuarios activos, el acceso será limitado.
- ✗ Exportar los personajes fuera de la plataforma es una tarea tediosa, que requiere de herramientas externas ya que no existe una función nativa en Character.ai.

Nuestra experiencia particular con este software ha sido limitada. Inicialmente, creímos que no tendría funcionalidades útiles que nos permitieran dar una opinión detallada para este informe. Sin embargo, tras probar la función de creación de personajes, y experimentar con el entrenamiento de la inteligencia artificial, pudimos comprender el verdadero potencial de esta herramienta. La posibilidad de entrenar inteligencias artificiales para que, en circunstancias controladas, adopten una personalidad única, y la sostengan a lo largo de una conversación extensa, puede tener aplicaciones de todo tipo.

Por ejemplo, podemos crear asistentes virtuales prácticos que puedan sostener una conversación dentro de un contexto específico, y que sean amigables con quien interactúa con ellos. Imaginemos su aplicación en el sector salud; si un hospital tuviera una Alexa como recepcionista, la amplitud de sus funciones y sus limitaciones de programación harían que, para las preguntas que un paciente podría realizar, no resulte tan útil como lo es en un hogar. Los chatbots no tienen estas limitaciones; el desarrollador crea su personalidad, su conocimiento, sus limitaciones y sus usos, adaptados completamente a lo que se espera que hagan.

En este aspecto, los chatbots modernos superan ampliamente las capacidades de los asistentes virtuales, y otras plataformas como ChatGPT, en términos de su capacidad de actuar de cara al público. Su aplicación se extendería hacia agentes de call center automáticos que resuelvan problemas en tiempo real, recepcionistas, simuladores, y, por supuesto, personajes educativos. No vemos el potencial de sustituir a un docente con un chatbot en ninguna circunstancia, pero hemos podido apreciar que sus usos para distintas categorías educativas menores fomentan la motivación intrínseca de los estudiantes. Para llegar a esta conclusión, hemos decidido crear un chatbot en character.ai, para comprobar qué tan sencillo es su proceso de desarrollo.

Lo primero que nos pide la plataforma al crear un personaje, es colocar una imagen de perfil, un nombre (de hasta 20 caracteres), un eslogan (de hasta 50 caracteres), una descripción (en primera persona desde la perspectiva del personaje, hasta 500 caracteres), y un saludo inicial (el mensaje con el que el chatbot recibirá por primera vez a cualquier usuario, de hasta 2048 caracteres).

Estos factores no influirán fuertemente en la personalidad ni en la capacidad de respuesta de nuestro chatbot, pero le darán las primeras pautas de sus funcionalidades. La plataforma también permite hacer uso de otras funcionalidades iniciales, tales como permitir que el chatbot genere nuevos saludos a partir de su personalidad, o redactar la historia previa del mismo para que tenga un conocimiento permanente de eventos pasados, o de formas de comunicación basadas en contextos

previos (lo cual se permite hasta 32,000 caracteres). Como nuestro objetivo era crear un chatbot sin personificación, cuyo único objetivo era que respondiera preguntas como un ser humano, saltamos directamente a las funciones de programación complejas.

Aquí nos encontramos con tres funciones principales: personalidad, entrenamiento pregunta-respuesta, y fin de diálogo. La primera consiste en una redacción larga sobre la forma en la que el personaje debe hablar/actuar, y donde podemos explayarnos ampliamente en sus características de personalidad. La segunda es muy interesante; consiste en la posibilidad de entrenar al chatbot bajo supervisión, dándole prompts de ejemplo desde la perspectiva de un usuario, y redactando respuestas correctas, a modo de ejemplo sobre cómo son las que el personaje debería contestar.

Finalmente, la tercera función nos permite definir ciertas entradas que actúan como detonadores para que el chatbot finalice la comunicación. Utilizando estas tres simples herramientas, y corrigiendo errores en respuestas complejas sobre la marcha, se puede entrenar un chatbot para que cumpla cualquier rol que deseemos.

En CERLI, nos hemos tomado el trabajo de crear múltiples chatbots personalizados en character.ai, y entrenarlos para cumplir tres roles específicos en la educación. Aquí tienen nuestros resultados en “tutorías”, “interacción con personajes históricos”, y “desarrollo de habilidades sociales y lingüísticas”.

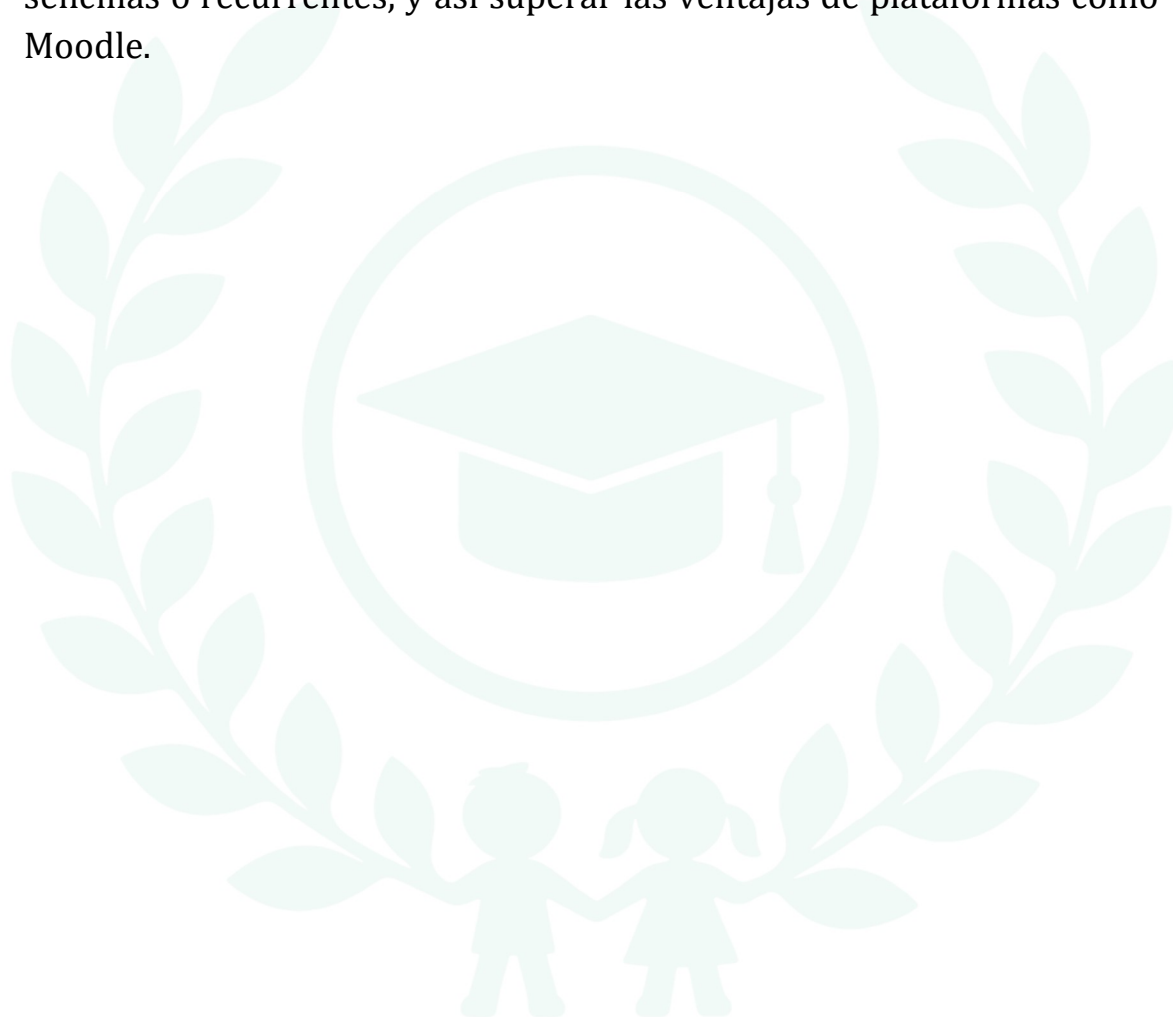
Tutorías

Un docente puede diseñar un chatbot con toda la información asociada a un tema en específico, y que los estudiantes le realicen dudas y preguntas que les puedan surgir, fuera del horario escolar. La idea es crear una herramienta a la que podamos delegarle las dudas más recurrentes y básicas de un tema, para que el docente no tenga que responderlas. Si se puede entrenar una IA generativa para que responda correctamente cualquier aspecto de álgebra básica, esto sería relativamente sencillo de implementar y utilizar.

Para poner a prueba esto, creamos un chatbot llamado “CERLI Tutorías”, el cual programaríamos para estas funciones; para esto, designamos el tema “álgebra básica” como base para nuestro chatbot. Nuestro objetivo inicial era que CERLI Tutorías lograra responder exitosamente a preguntas aleatorias sobre álgebra, que estuvieran al nivel de un estudiante que aprende este tema por primera vez. Si lográbamos ser exitosos, entonces el siguiente paso sería que este pudiera responder a múltiples temas fuera del álgebra, abarcando así tantas unidades temáticas como fuera posible.

Nuestros resultados no fueron tan positivos como esperábamos inicialmente; para empezar, tuvimos que entrenarla mucho más de lo que pensamos mediante preguntas y respuestas, y la supervisión de resultados fue compleja. Es muy difícil lograr que la inteligencia artificial comprenda cuando una respuesta no fue correcta, y es altamente complejo modificar esto desde la definición del personaje. En términos más humanos, la IA puede resultar muy sensible a la manipulación cuando tiene razón, o extremadamente terca cuando se equivoca. Esto hace que, en su uso como tutor, se corran riesgos innecesarios e importantes como difundir información equivocada al alumno que tiene dudas, y, en este aspecto particular, los LLM como ChatGPT pueden resultar incluso más útiles que un chatbot personalizado.

Particularmente en este aspecto de la enseñanza, no vemos que el desarrollo de estos chatbots se encuentre en un punto donde se pueda delegar toda clase de dudas a una IA generativa. Por lo tanto, seguimos insistiendo en los beneficios de una plataforma que permita conectar al docente con los alumnos, y que estos últimos puedan plantear sus dudas en un foro donde el profesor les responda directamente. El tiempo dirá si estas plataformas evolucionan hasta que puedan sustituir parcialmente las interacciones con el docente cuando se trata de dudas sencillas o recurrentes, y así superar las ventajas de plataformas como Moodle.



Interacciones con personajes históricos

Al crear un chatbot con personalidades particulares, y entrenarlo para que pretenda actuar como determinadas personas en determinados contextos, los estudiantes pueden "hablar" con figuras históricas o científicas para aprender sobre sus ideas y contribuciones de forma interactiva. Esto permite explorar eventos históricos o conceptos científicos de manera más atractiva y didáctica, sin que los eventos o ideas sean demasiado abstractos como para vivenciarlos.

Aquí existían dos posibilidades: podíamos probar los personajes ya existentes de diferentes figuras históricas, y corroborar las respuestas para saber qué tan fiables son, o podíamos crear el nuestro desde cero, y entrenarlo utilizando una definición basada en personalidad (lo que habitualmente es más sencillo que lo realizado en la sección anterior). Decidimos hacer ambas, pero centrándonos en la segunda por dos razones de peso; primeramente, porque debíamos verificar qué tan sencillo sería capacitar a un docente en la creación del personaje⁹, y, en segundo lugar, porque las definiciones de los personajes preexistentes son ocultas, impidiendo al usuario conocer con qué información se alimentó el chatbot.

Esto último es muy importante, ya que si encontramos un modelo de (por ejemplo) Albert Einstein, que funcione adecuadamente, no podríamos saber qué variables incluyó el desarrollador para lograr dicho nivel de naturalidad y funcionalidad.

Tras probar varios personajes comunes, como Marie Curie, Cristóbal Colón, Isaac Newton, entre otros, pudimos apreciar que sus capacidades

⁹ La principal razón por la que debe ser el docente (o el administrador educativo) quien cree el personaje es poder controlar las respuestas del chatbot. Además, es esperable que no estén disponibles chatbots preexistentes de absolutamente cualquier figura o evento histórico, por lo que habría que crearlo desde cero.

de adaptabilidad y contexto no tienen igual. Puede llegar a sentirse como una comunicación real, la cual puede ser utilizada con fines educativos, aunque con severos matices. Para empezar, la baja memoria de los personajes hace que las conversaciones largas pierdan calidad rápidamente. Esto puede solucionarse manteniendo conversaciones cortas, o con un modelo de preguntas que no requieran recordar entradas previas. El otro matiz que habría que solventar es la incapacidad de controlar las respuestas, arriesgándonos a que la temperatura haga lo suyo, y las respuestas no se acaben correspondiendo con lo que el docente esperaría.

La única forma que encontramos de “solucionar” este problema es creando el personaje por nuestra cuenta. Nuevamente, los desafíos radican en encontrar la combinación de entrenamiento adecuada para obtener el mayor realismo posible, mientras se intenta mantener las respuestas dentro de estándares medianamente preestablecidos. Creamos un personaje de ejemplo basado en Miguel de Cervantes, con un enfoque en sus ideas de la literatura, y el resultado cumplió con nuestras expectativas iniciales. Con un entrenamiento moderado, y con una amplia gama de información disponible, resulta relativamente sencillo crear personajes útiles y versátiles que den realismo a las lecciones.

Eso sí, recomendamos hacerlo en entornos controlados y con temas poco polémicos, ya que la IA puede rápidamente escalar hacia respuestas cuestionables, si las mismas no fueron previamente consideradas durante su desarrollo. También incitamos a que los estudiantes compartan las conversaciones que tengan mediante el chatbot con el docente, de forma que el mismo pueda controlar si algo debe modificarse en su entrenamiento.

Desarrollo de habilidades sociales y lingüísticas

Los estudiantes pueden utilizar personajes simulados para realizar simulacros de situaciones cotidianas, y compartir sus experiencias. Estas situaciones pueden ir desde entrevistas de trabajo, debates sobre temáticas variadas, hasta clases de idiomas. Este último nos resultó particularmente interesante, ya que los chatbots pueden servir como compañeros de práctica para aprender nuevos idiomas, simulando conversaciones cotidianas y corrigiendo errores en tiempo real. Pueden incorporar vocabulario específico, modismos y expresiones culturales para mejorar la inmersión, y, por sus características, pueden adoptar personalidades humanas con muchísima fidelidad.

Un docente de inglés, por ejemplo, podría utilizar un chatbot como herramienta de práctica real para sus estudiantes en instancias de competencias orales, o en producción de textos. Los clásicos ejercicios de conversaciones con niños imaginarios de los libros de texto ahora serían inteligencias artificiales ultra realistas, que se programarían para imitar a una persona real en un determinado contexto. Con las funciones de voz optimizadas, esto podría trasladarse a conversaciones en tiempo real que el docente podría monitorear y corregir. Además, compartiendo las conversaciones, el docente podría utilizar la información de las conversaciones como instancias de evaluación, lo que se ve ampliamente favorecido por los procesos de adquisición de una segunda lengua.

Pusimos a prueba esta función creando tres chatbots; uno que tomaría la personalidad de un niño británico, otro que tomaría la personalidad de un adulto (también británico), y, finalmente, uno que tomaría la personalidad de un examinador de idiomas. De los tres, los primeros dos fueron sumamente útiles y sencillos de crear; adoptaban su rol con facilidad, y mediante una definición relativamente detallada,

lograron mantener conversaciones completamente coherentes y dinámicas. Ambos chatbots se adaptaron a prácticamente cualquier situación que se les diera, con notable facilidad. Para lograr esto, utilizamos las funciones de instrucción del “juego de rol”, que consiste en dar contexto colocando el mensaje entre asteriscos (* *), y la conversación en sí entre comillas (“ ”).

Por ejemplo, cuando quisimos que el niño adoptara la personalidad de un amigo británico al cual el usuario se encontraba en un parque, ingresaríamos el prompt de entrada de la siguiente manera:

*«*Eres Matthew, un niño británico de 12 años, que se encuentra a un amigo de la infancia en un parque. Mantendrán una conversación en inglés británico informal acerca de lo que hicieron en sus últimas vacaciones, mientras realizan comentarios sobre el entorno en el que se encuentran*»*

“Hello Matthew!”»

A partir de un prompt de estas características, los chatbots se adaptan rápidamente a la situación, y son capaces de continuar coherentemente en el contexto designado, hasta un rango de diez a quince mensajes del usuario. No logramos ampliar aún más este margen sin que la pérdida de memoria comenzara a afectar la calidad de la conversación, por lo que desaconsejamos su uso en contextos considerablemente más extensos.

En cuanto al tercer chatbot, el cual desarrollamos para simular un examinador de idiomas, no tuvimos un éxito tan considerable. Si bien fuimos capaces de crear un chatbot que analizara las oraciones del usuario, y marcara los errores gramaticales o semánticos de un prompt de entrada con relativa facilidad, esta capacidad se perdía rápidamente a lo largo de una conversación. La limitación en la memoria de la IA imposibilitaba tener una conversación inicial, y que, al final de esta, el chatbot nos marcara todos nuestros errores. Incluso cuando intentamos forzar esta funcionalidad, lo único que conseguimos fue que el chatbot

se inventara errores que no fueron cometidos, ya que no está analizando realmente los mensajes que envía el usuario, solamente está adaptándose a un contexto general de una examinación.

Más allá de todos nuestros esfuerzos, podemos concluir que la herramienta de los chatbots no es tan sencilla de utilizar en contextos educativos, especialmente para un docente que no posee conocimientos básicos pero esenciales sobre IA. Ya que desarrollar instancias de capacitación docente obligatoria suele ser una tarea desafiante en todo el mundo, reconocemos la dificultad intrínseca de que los chatbots se vuelvan un estándar en la educación.

Sin embargo, con la correcta implementación, hemos podido comprobar su utilidad y funcionalidad en los casos de interacción controlada en tiempo real, lo cual podría beneficiar significativamente el impacto y la conexión de las temáticas con los intereses de los estudiantes. Aún se requiere más desarrollo e investigación para saber si estas tecnologías abren las puertas a una revolución educativa, o si, por el contrario, permanecerán como instancias lúdicas entre los más jóvenes.

Funciones de texto a imagen

Los seres humanos nos hemos apoyado en nuestras capacidades creativas para anteponernos a las máquinas, ya que somos seres diseñados minuciosamente para pensar, idear, razonar y crear. Sin embargo, las personas no somos todas iguales, y mientras que todos podemos potencialmente alcanzar ciertos grados de creatividad e imaginación, no todos tenemos desarrolladas las cualidades físicas, mentales y cognitivas para llevar nuestras ideas a un contexto realista. La forma más sencilla de visualizar este concepto es el arte, ya que todos podemos potencialmente imaginar una imagen específica, pero solo algunos tendrían el talento de replicar dicha imagen en un lienzo, con una precisión altísima.

¿Qué pasaría si la única barrera a superar para poder plasmar esa imagen, fuera ser lo suficientemente capaz de describir lo que vemos en nuestra mente? Este cuestionamiento da lugar a la tecnología de la que hablaremos a continuación. Stable Diffusion es una IA diseñada por Stability AI, y lanzada al público en el año 2022. Su función es crear imágenes basadas en el prompt de texto de cualquier usuario, en cuestión de segundos.



Esto lo logra mediante algo conocido como “modelos de difusión latente”, una técnica donde una imagen se crea comenzando con ruido aleatorio, para luego utilizar una red neuronal que revierta el proceso, reconstruyendo una imagen coherente mediante un prompt determinado.

Elegimos utilizar esta como ejemplo, ya que es la que posee mayor sencillez en su uso, mezclado con la complejidad del proceso de creación de imágenes. Es un buen balance general, aunque puede resultar algo desafiante para una capacitación docente. A lo largo de esta sección del informe, nos encargaremos de detallar sus límites y funcionalidades, y haremos notar cuando otra IA similar pueda cumplir este rol con mejores resultados.

Para procesar la entrada, la IA realiza el mismo trabajo que cualquier tecnología generativa basada en texto; analiza las palabras clave y la estructura gramatical para determinar el contexto, y luego utiliza su entrenamiento como base de datos de imágenes etiquetadas, las cuales una red neuronal puede utilizar para reducir el ruido inicial de la imagen mediante difusión inversa. Una vez se obtiene una imagen coherente, el usuario puede utilizar un nuevo prompt para que el resultado se adecue mejor a sus expectativas.

Sus principales fortalezas son las siguientes:

- ✓ La capacidad artística de su código es impresionante, siendo capaz de crear imágenes muy detalladas, con ese toque artístico que tanto nos gusta. Gracias a sus funciones complejas, los prompts pueden ser ultra específicos y obtener rápidamente resultados muy acertados.
- ✓ Es capaz de imitar casi cualquier estilo artístico, pudiendo adaptar una misma imagen al realismo, pixel art, pintura al óleo, gótico, ciberpunk, entre muchos otros. Además, no posee ningún tipo de censura estricta.
- ✓ Es de código abierto, por lo que es posible descargarlo y utilizarlo sin pagar nada, modificar el código a su antojo, y entrenar modelos personalizados para cualquier función que se desee.
- ✓ Vinculado con el punto anterior, puede ejecutarse localmente en el ordenador sin necesidad de conectarse a un servidor. Esto permite controlar totalmente la privacidad de las imágenes generadas.

- ✓ Sus funciones adicionales son extremadamente útiles, desde un sistema de persistencia que permite idear un estilo o personaje, y crear variaciones de este sin perder detalles en el camino.

Por otra parte, sus principales debilidades son:

- ✓ A diferencia de sus competidoras directas, Stable Diffusion no es tan sencilla de utilizar y aprender. Las interfaces más comunes no suelen ser tan intuitivas, y, para obtener los mejores resultados, será necesario aprender a escribir prompts avanzados y complejos. En este sentido, otras plataformas como DALL-E o Midjourney ofrecen resultados de menor calidad, pero con menor complejidad de aprendizaje.
- ✓ Como utiliza los recursos del ordenador en el que se ejecuta, la velocidad y calidad de los resultados dependerán fuertemente de la GPU de nuestra unidad informática. Esto podría ser un desafío muy importante si pretendemos masificar su uso.

A diferencia de IA generativas como ChatGPT, la mayoría de las plataformas que generan imágenes tienen comandos que podemos utilizar en nuestro prompt de entrada. Utilizarlos es como “hablarle” a la IA en su propio idioma, logrando que comprenda mucho mejor las intenciones del usuario, mejorando significativamente el resultado obtenido. Stable Diffusion posee cientos de funcionalidades personalizables que agregan mucho valor a la hora de crear una imagen. No obstante, aprender a utilizar estas funcionalidades no es nada sencillo, y nuestro equipo ha podido apreciar una curva de aprendizaje muy elevada, cuando su uso no se limita a prompts sencillos o poco creativos.

Para no tener que crear nuestra propia versión desde cero, basamos la nuestra en AUTOMATIC1111, que es una interfaz muy conocida de Stable Diffusion. A partir de su código, modificamos aspectos clave para el análisis de funcionamiento, y redefinimos algunos comandos para nuestra comodidad. Los detallaremos a continuación:

Separación de términos:

Decidimos aplicar dos variables de separación de términos, siendo estas la coma “,” y la barra vertical “|”. Esto nos permite diferenciar secciones de la imagen, para que las mismas no interfieran directamente entre sí. Por ejemplo, si quisiera que el león sea hiperrealista pero que el cielo sea animado, puedo separar ambos términos y que la IA los procese individualmente, para que no interfieran sus estilos.

No hay diferencias muy marcadas entre ellas, aunque por comodidad del prompt, utilizamos la coma para separar objetos o aspectos que estén intrínsecamente vinculados en cierto nivel, y la barra vertical para separar los que queremos que la máquina trabaje por separado.

Peso:

Consiste en comandos que permitan ajustar la importancia de ciertas palabras concretas en el prompt. Esto hace que la IA centre la mayor parte de sus esfuerzos en perfeccionar ese aspecto concreto de la imagen, generalmente a costa de otros. Nosotros decidimos utilizar paréntesis “()” para separar los detalles de nuestros prompts, por lo que, dentro de estos, configuramos el peso de este.

El valor normal establecido es 1.0, por lo que le asignamos mayor importancia al estilo realista, y menor importancia a la iluminación cinematográfica.

También establecimos los corchetes “[]” para indicar que existe una importancia contextual, haciendo que las palabras que se coloquen dentro de ellas tengan un peso que la IA seleccione. Si la palabra dentro de los corchetes es relevante para una imagen de mejor calidad, entonces recibirá mayor peso. Mientras que, si la IA determina que el peso de la palabra entre corchetes perjudica la calidad de la imagen, entonces podrá reducirlo o directamente eliminarlo.

Upscaling:

Como las imágenes tienen resolución nativa de aspecto 1:1, decidimos incluir un parámetro de reescalado que permita mantener las proporciones de una imagen, pero en una resolución superior. Para esto, utilizamos el asterisco “*” seguido inmediatamente de la escala de resolución, por ejemplo: *16:9*

Variaciones:

Las variaciones nos permiten que ciertos aspectos de una imagen no sean fijos, y que se nos presenten distintas opciones de una misma imagen donde este elemento varíe entre opciones. Para esto, colocamos el término variable entre un par de doble barra baja “_”, las cuales pueden ser extraídas desde una base de datos de opciones predeterminadas, o directamente permitir que sea la IA quien las elija, basándose en el contexto de la imagen.

Negativos:

Resulta habitual que la IA genere objetos o situaciones extra en las imágenes, que no fueran parte del prompt original. Rápidamente notamos que debíamos crear un comando que nos permitiera indicarle a la inteligencia artificial que dicho objeto en concreto no debía permanecer en la siguiente generación. Para esto, decidimos utilizar el comando “-no”, seguido de todo aquello que decidimos borrar de la imagen.

No siempre es capaz de reconocer directamente el objeto en cuestión, por lo que modificamos este parámetro para que pueda ser ocupado por imágenes de ejemplo, y por coordenadas específicas.

Memoria:

Nativamente, la interfaz AUTOMATIC1111 posee compatibilidad con ControlNet, que es un parámetro para estructurar la imagen. Esto

permite dotar de memoria a la IA determinando ciertas poses y objetos, que se mantendrán intactos en las variaciones de la imagen. Nosotros utilizamos el predeterminado de la interfaz, ya que no fue una funcionalidad que nos interesara particularmente. Sin embargo, puede ser sumamente útil en diseño gráfico empresarial, o en arte de personajes animados.

Utilizando estos comandos, podemos aportar información extra a nuestra inteligencia artificial, forzándola a crear variantes de las imágenes iniciales que sigan nuestros consejos. Para probar esta funcionalidad, hemos utilizado la herramienta de generación de imagen con y sin comandos, para que podamos apreciar la diferencia que podemos generar. Iniciamos con un prompt de entrada sencillo, que siga la regla expresada anteriormente:

“Un león descansando en una colina bajo un cielo estrellado, realista con iluminación cinematográfica”

La respuesta que recibimos de este prompt en concreto fue la siguiente:



No es un mal resultado, pero sin lugar a duda es muy mejorable si utilizamos las funciones nativas de nuestros comandos. Por lo tanto, decidimos modificar el prompt, utilizando múltiples comandos de los anteriormente definidos, y ver si afectaba a la calidad de la imagen significativamente. El prompt en cuestión fue el siguiente:

*“Un león (descansando:1.3) sobre una colina cubierta de hierba (hiperrealista:1.5) | un cielo estrellado [iluminación cinematográfica] | texturas fotorrealistas, iluminación volumétrica (sombras suaves:0.8) | *16:9* | -no borroso, -no baja calidad, -no mala anatomía, -no extremidades extra, -no pixelado, -no sobresaturado, -no iluminación antinatural, -no artefactos visuales”*

Para nuestro asombro, el resultado fue el siguiente:

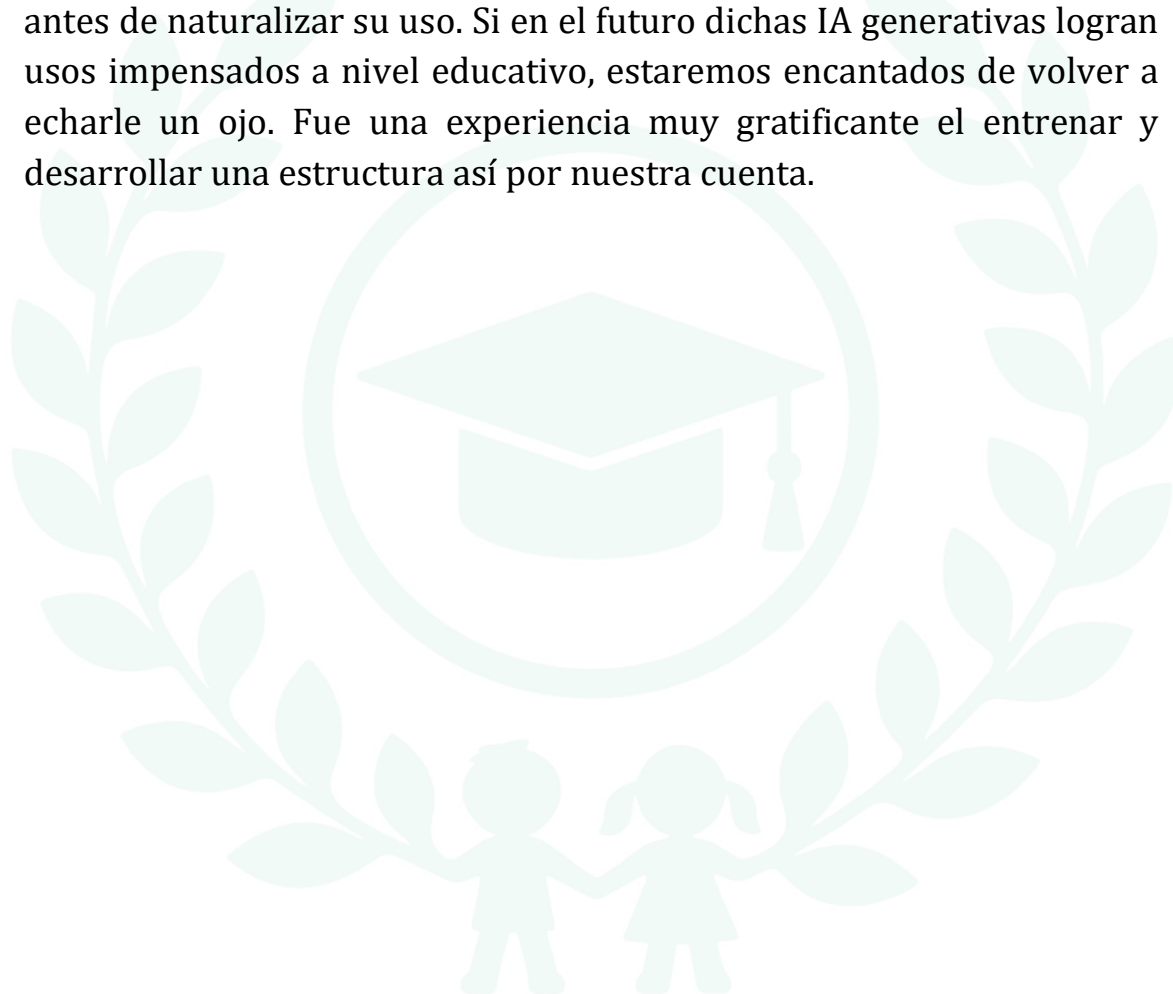


La resolución fue el único detalle que no logró respetar al 100%, haciendo una resolución de casi 16:9, pero no exactamente esa. No obstante, gracias al resultado final, podemos concluir que este tipo de prompts mejorados dotan a la imagen de mucha mayor calidad, sin demasiado esfuerzo de programación. Nuestra experiencia con esta tecnología ha sido muy educativa y positiva, y hemos podido comprobar que, aunque quizá sea dificultoso para un único docente, el servicio puede prestarse mediante terceros, y que solo deban capacitarse en el uso de los comandos del prompt. A partir de ahí, podrían crear imágenes de cualquier índole, sin casi ningún esfuerzo.

Pero dirigiéndonos directamente al objetivo de este informe, vemos que las aplicaciones de esta tecnología en términos educativos se limitan

principalmente a ilustraciones en materiales didácticos y clases de arte. Igualmente, estos únicos usos tendrían un impacto muy significativo en la inclusión y diversidad del aula, haciendo posible que aquellos alumnos que se benefician fuertemente de un estímulo visual al momento de su aprendizaje, logren alcanzar su máximo potencial.

En principio, estas tecnologías no requieren ningún conocimiento sobrehumano, aunque sí de competencias digitales bien marcadas. Será necesario implementar fuertes programas de capacitación docente antes de naturalizar su uso. Si en el futuro dichas IA generativas logran usos impensados a nivel educativo, estaremos encantados de volver a echarle un ojo. Fue una experiencia muy gratificante el entrenar y desarrollar una estructura así por nuestra cuenta.



Funciones de texto a voz

Uno de los mayores riesgos que ha implicado la inteligencia artificial fue la creación de los deepfakes. Para aquellos no familiarizados con el término, son archivos audiovisuales manipulados, donde se muestra a alguien haciéndose pasar por una persona famosa, haciendo o diciendo cosas que nunca ha dicho la persona real. En resumen, es un video, imagen, o audio falso, creado como broma o con malas intenciones, para simular que alguien ha hecho o dicho algo, que en realidad jamás pasó.

Los deepfakes facilitan la desinformación, el error, y la humillación de aquellos cuya imagen o voz es utilizada con estos fines. No obstante, estas tecnologías no surgieron con estos fines originalmente. La idea detrás del Deep Learning aplicado al audiovisual era, en definitiva, lograr que la IA creara audio y video ultrarrealista, con la finalidad de dar voz en tiempo real a las diferentes inteligencias artificiales, volviéndolas más amigables para el consumidor. Voice.ai es una de estas aplicaciones, fundada por Heath Ahrens, quien había experimentado en crear softwares y tecnologías de voz desde 2007.



Su funcionamiento consiste en modelos de aprendizaje profundo, que analizan voces humanas hasta lograr replicarlas a la perfección, o incluso crear nuevas voces. Una vez logrado esto, pueden implementar cientos de herramientas diferentes, tales como modificar la voz de un archivo de audio, detectar y eliminar una voz, crear una voz adaptable

para tu tecnología particular, o incluso reconocer si un archivo de voz es real, o si fue creado con estas mismas técnicas.

Sus principales ventajas son:

- ✓ Su interfaz es sencilla de utilizar, logrando que los usuarios puedan hacer uso de las herramientas que ofrece la aplicación, sin tener que haber aprendido funciones complejas de IA.
- ✓ Posee modelos gratuitos que, aunque tienen sus limitaciones, pueden ser altamente útiles para probar sus usos, antes de decidir adquirir una licencia de paga.
- ✓ Sus herramientas son muy completas y funcionales, pudiendo ser utilizadas tanto por el público general, como por profesionales. En ambos casos, se obtienen grandes resultados.
- ✓ Se integra fácilmente con otras plataformas y softwares de edición de audio, siendo ideal para profesionales.

No obstante, también tiene sus puntos débiles, como, por ejemplo:

- ✗ La fidelidad de herramientas como la réplica de voz depende mucho de la calidad de los ejemplos de entrada. Si no se dispone de archivos de audio lo suficientemente claros y variados, no se obtendrán los resultados esperados.
- ✗ Como el sistema se ejecuta en el ordenador del usuario, la velocidad y calidad de procesamiento dependerán de las características del hardware. Esto puede dificultar su uso en dispositivos menos poderosos computacionalmente hablando.

En CERLI, hemos probado tanto su aplicación, como su API. De esta forma, hemos sido capaces de experimentar, de primera mano, los asombrosos resultados que hemos podido obtener. La fidelidad de voz es inmensamente realista, con matices complejos que pensamos que no

podría replicar. Es cierto que, en determinadas ocasiones, hemos apreciado pequeños errores y limitaciones al intentar expresar emociones, haciendo del audio resultante algo muy robótico. Sin embargo, el propio software de voice.ai permite ajustar esto mediante más archivos de audio, y modificando los parámetros de voz a gusto.

Sus aplicaciones educativas no tienen fin; desde narraciones en tiempo real de material de estudio (videos, archivos PDF, imágenes, audiolibros, etc.), hasta la posibilidad de dar inclusión a todas aquellas personas que necesitan de una ayuda auditiva para comprender el material que el docente les brinda. Además, ya habiendo visto varios ejemplos de inteligencias artificiales, es posible establecer sinergias entre ellas. Por ejemplo, podría utilizarse una plataforma como voice.ai, para crear adaptaciones de voz en tiempo real, de personajes creados en character.ai. De esta forma, podrían tenerse conversaciones fluidas con las que apoyar el aprendizaje de idiomas, así como también el perfeccionamiento de las competencias lingüísticas generales.

No obstante, vemos claros desafíos éticos y morales sobre su uso, que deben ser resueltos antes de impulsarse como herramienta educativa. El uso de voces reales, sin autorización, y sin control real sobre aquello que se pasa de texto a voz, impulsa la normalización del robo de identidad, así como de la disociación de la voz e imagen como algo personal. Nos hace desconfiar hasta de aquello que escuchamos, lo cual no necesariamente está mal, pero genera una brecha enorme entre quienes se adaptan a desconfiar, y quienes no lo hacen. Ante una naturalización de estas herramientas, es esperable que las estafas y manipulaciones se vuelvan más sofisticadas, poniendo a la sociedad en una posición muy incómoda.

Sin dudas, esta clase de tecnologías pueden ser revolucionarias en la creación de estrategias didácticas modernas, siempre y cuando se utilicen de forma ética y responsable. Requerirá de un esfuerzo en capacitación y creatividad docente, pero es un potencial avance hacia modelos de enseñanza más inclusivos, adaptables, e impresionantes. Un claro ejemplo de cómo la IA puede ayudarnos a hacer realidad

metodologías de aprendizaje, que nunca creímos viables por su dificultad técnica.



Funciones de texto a video

Esta es una tecnología hermana de la anterior en esta lista; mientras que voice.ai apunta hacia el audio, Synthesia se especializa en el audiovisual. Fue creada en el año 2017 por Victor Riparbelli, con el objetivo de posicionarse como la principal solución innovadora y sencilla para generar videos, a partir de un guion en texto.



Sus vías de negocio más importantes son dos (principalmente); primeramente, el público general y las PYMES, que no podían pagar grabaciones en estudios, equipos de producción, y otros costos extra que requerirían para cualquier tipo de video promocional. En segundo lugar, tendríamos las empresas grandes que buscarían economizar sus costos de producción, mediante partes del proceso que se automatizarían mediante IA.

En la actualidad, Synthesia permite crear videos con avatares virtuales hiperrealistas, los cuales pueden hablar en más de 100 idiomas (y acentos), y mostrar lenguaje no verbal sumamente adaptativo, partiendo únicamente de un guion de texto. La sinergia con otras IA, como ChatGPT y voice.ai, permite automatizar completamente el proceso de creación de video, mientras que el propio software de Synthesia permite modificar parámetros clave del mismo como la paleta de colores, la iluminación, el fondo, la aparición de texto y logotipos, la sincronización labial con audios creados por IA, entre muchos otros.

Sumado a sus funcionalidades, la oferta comercial de esta inteligencia artificial es sumamente atractiva. Para comenzar, tiene disponible un plan gratuito que incluye 3 minutos de video al mes, 6 avatares genéricos realistas, y una amplia gama de voces con IA en más de 140 idiomas. Sus limitaciones son la calidad de descarga, la imposibilidad de crear avatares personalizados, y que el video tendrá la marca de agua de la empresa.

No obstante, pueden adquirirse planes de pago de entre 18 y 89 dólares americanos al mes (dependiendo el plan y el periodo de facturación), donde se pueden añadir editores, más minutos de video, y la posibilidad de disponer de más de 100 avatares creados por IA, así como también avatares personalizados por el usuario, y que haya varios en escena al mismo tiempo.

También cuentan con un plan empresarial, el cual dispone de minutos ilimitados de video, doblajes con un clic, cantidad ilimitada de colaboradores, kits personalizados de marca, más de 200 avatares creados con IA, e ilimitados avatares personalizados. El precio se negocia directamente con Synthesia, dependiendo del tamaño del equipo, las pretensiones comerciales, y las necesidades de atención que requiera la empresa.

Sus principales ventajas son:

- ✓ La plataforma es muy amigable e intuitiva. No requerirá de mucho conocimiento en edición de video para obtener grandes resultados.
- ✓ Su versión gratuita es útil para convencerse del producto, ya que posee una calidad muy similar a los planes de pago, con limitaciones de uso.
- ✓ Los videos son considerablemente buenos, y la versatilidad en los idiomas hace de esta herramienta algo muy útil y profesional.

A pesar de esto, también posee puntos débiles significativos como:

- ✗ Sus planes pagos, aunque no resulten caros para la calidad de trabajo que ofrecen, no son tan accesibles para el sector educativo. Se requiere una modificación en la estrategia de monetización, si se busca adentrarse en dicho sector.
- ✗ Aunque los resultados son impresionantes, los avatares aún pueden verse limitados en sus expresiones y reacciones. Puede no ser considerado un punto débil en aplicaciones educativas, pero sí podría serlo en caso de desarrollos audiovisuales más complejos.
- ✗ Requiere de un trabajo mayor que otras IA mencionadas, demandando una dedicación superior a lograr el resultado adecuado. Si el contexto no es el adecuado, todo este esfuerzo podría acabar siendo un desperdicio.

Nuestro equipo de investigadores en CERLI utilizó el plan CREATOR, con valor de 64 dólares por mes, facturado anualmente. De esta forma, accedimos a la mejor versión del software (quitando el uso profesional), al mejor precio que ofrece la empresa. Sumado a esto, nuestro plan nos dio acceso a la API de Synthesia, lo que resulta fundamental para poner a prueba su capacidad de integrarse a softwares educativos y otros usos competentes para la investigación.

El resultado fue satisfactorio, pero nos extenderemos más en detalle en su uso para poder explicar mejor sus limitaciones. Synthesia, mediante un breve tutorial, nos explica que los videos pueden ser creados de tres formas principales: importando imágenes y diapositivas que se convertirán en escenas, utilizando una plantilla y editándola a nuestro gusto, o detallándole a una IA nuestras intenciones y público objetivo, para que nos cree un video a la medida, que luego podemos editar.

Comenzaremos por el “estudio”, donde se crean y editan los videos. Este se caracteriza por ser muy amigable e intuitivo, permitiendo elegir el avatar y utilizar múltiples herramientas de edición como añadir texto, formas y figuras, archivos multimedia, y utilizar las funciones de la línea

de tiempo. Debajo, tendremos la sección del guion, donde podremos escribir lo que nuestro avatar dirá, y controlar ciertos aspectos acerca de cómo lo hará. Podemos elegir el idioma y la voz que utilizará, establecer gestos para nuestro avatar, animar objetos en pantalla, definir pausas entre palabras, y añadir las pronunciaciones a ciertas palabras que lo requieran.

Si utilizamos la función de creación con IA, y consideramos que solo un usuario trabaje en el proyecto, el proceso completo de creación y exportación del video tomará entre 15 y 30 minutos, siempre y cuando no sea muy largo y complejo. Si utilizamos plantillas y modificamos cada aspecto individualmente, el proceso puede duplicar su tiempo de trabajo, llegando a una hora o incluso más en proyectos sencillos.

Nuestra experiencia particular, como mencionamos anteriormente, fue satisfactoria. Sin embargo, esto fue solo considerando el funcionamiento que promete el software, y no sus posibles aplicaciones. En otras palabras, Synthesia cumple lo que propone, con resultados muy interesantes y sorprendentes. Pero, al momento de implementarla en el sistema educativo, vemos serias limitantes a resolver. Nuestro primer acercamiento fue imaginarnos el impacto que tendrían las ayudas visuales personalizadas en los estudiantes, a la hora de explicar un tema nuevo. Si los docentes pudieran generar fácilmente un apoyo audiovisual, que les permita dar mayor dinamismo a los contenidos, podrían captar su atención de forma sencilla y duradera.

Teniendo esto en cuenta, al momento de estudiar posibles ejemplos de creación de video con IA, nos encontramos con muchísimas alternativas más económicas y con mejor potencial que Synthesia. Sin embargo, terminamos decidiéndonos por esta última debido a lo fácil y amigable que resulta aprender a utilizarla, eliminando por completo el desafío de la curva de aprendizaje en el ámbito educativo, que se encuentra saturado en la actualidad por la inclusión de tantas nuevas tecnologías. Además, los planes de pago no parecían tan agresivos, lo que nos llevó a pensar que califica adecuadamente dentro de nuestros estándares.

No obstante, tras revisar más en detalle, concluimos que existen desafíos aún más complejos que la curva de aprendizaje, y que dependen directamente del modelo de negocio. Para comenzar, al ser una tecnología que no impacta tan directamente en el aprendizaje de los alumnos, el sector de docentes que estaría dispuesto a implementarla se “anicha”¹⁰. El resultado es un sector que no se preocupa tanto por el precio o la sencillez del software, y que apunta más a una mayor utilidad y funcionalidad. Lo más importante para este sector será la posibilidad de utilizar avatares diferentes, disponer de múltiples idiomas, descargar los videos en alta calidad, y contar con la asistencia de IA para mayor eficiencia.

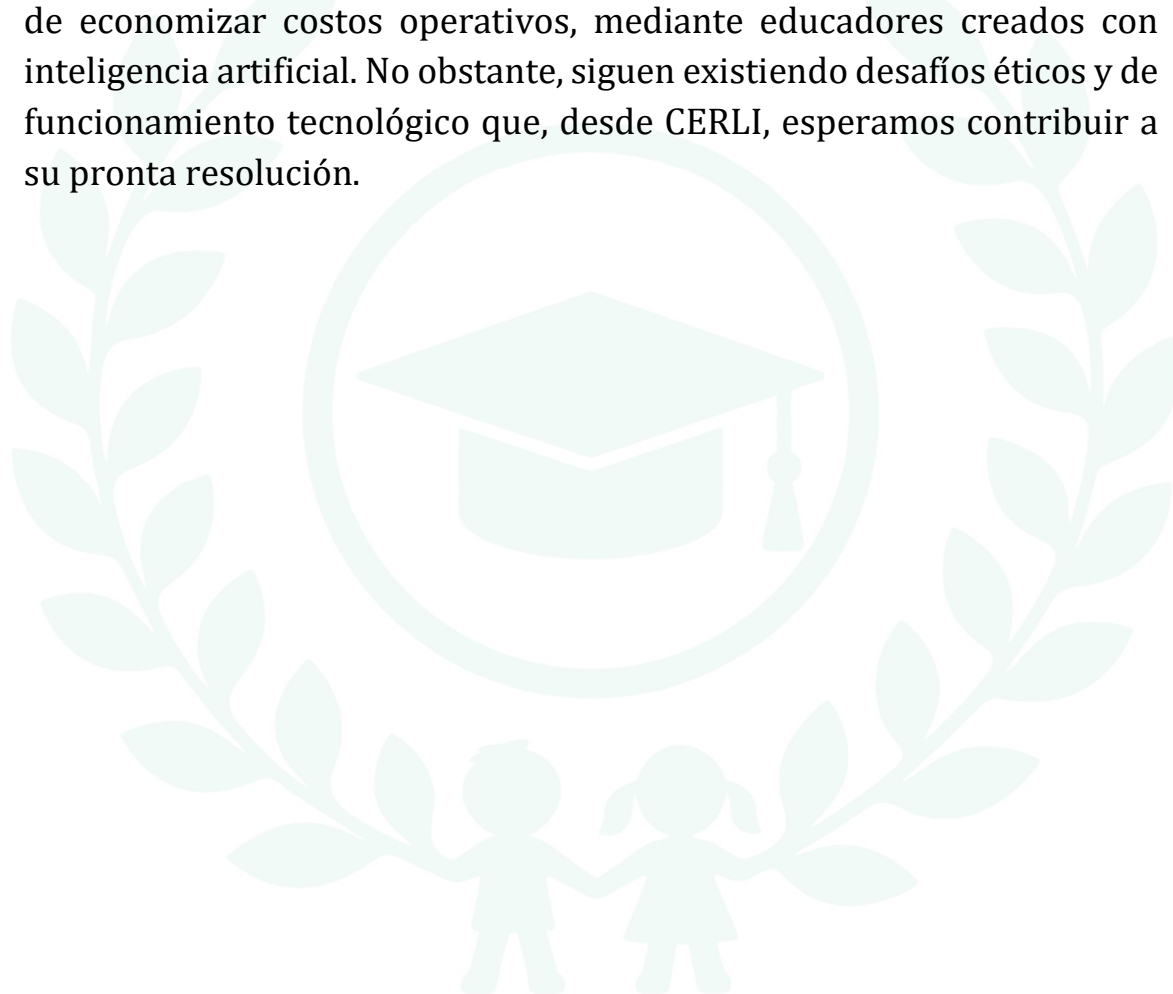
Dado que el docente promedio no encontrará mejor satisfechas estas necesidades en el plan CREATOR (US\$64 – 89/mes), que en el plan STARTER (US\$18 – 29/mes), todos acabarán prefiriendo este último. El único (y muy importante) problema con el que se encontrarán, será la cantidad limitada de minutos. El plan STARTER ofrece tan solo 10 min/mes, y el plan CREATOR 30 min/mes, lo cual hace que ninguno de los dos planes satisfaga las necesidades de minutos que poseen los docentes. Por lo tanto, la barrera económica de entrada se vuelve un muro que, sin crear un plan EDUCATION, hace imposible que el docente promedio encuentre valor en pagar la suscripción.

Por supuesto, en caso de dirigir el costo a las instituciones en lugar de a los docentes, este problema no sería económico, sino de practicidad. El plan CREATOR aporta valor en cuanto al acceso a la API (justificando su costo, ya que será fundamental para implementar Synthesia en los sistemas LMS de la institución), pero se queda demasiado corto en cuanto a minutos/mes, y la cantidad de editores invitados. Por lo tanto, las instituciones educativas deberían optar por un plan personalizado ENTERPRISE, el cual posee múltiples beneficios que resultan irrelevantes para un centro educativo, y que (suponemos) encarecerán el precio innecesariamente.

¹⁰ Anichar, en términos de mercado, significa que los consumidores comparten características similares, las cuales no son típicas en los sectores mayoritarios. En este caso, implica que los docentes que están dispuestos a pagar una suscripción son aquellos que priorizan las funcionalidades y la utilidad al precio de la suscripción.

Por su modelo de negocio, consideramos ampliamente viable consultar directamente por un plan personalizado dirigido a una institución educativa. No resulta difícil adaptar el modelo para empresas en este ámbito, y los precios pueden variar significativamente ante la reducida demanda de beneficios que requiere un centro educativo.

Las tecnologías de generación audiovisual como Synthesia pueden ser extremadamente útiles para el avance de los cursos en línea. Una nueva ola de e-learning podría verse seriamente potenciada por la posibilidad de economizar costos operativos, mediante educadores creados con inteligencia artificial. No obstante, siguen existiendo desafíos éticos y de funcionamiento tecnológico que, desde CERLI, esperamos contribuir a su pronta resolución.



IA en la educación

Cuando una nueva tecnología se impone como un eje dominante hacia el futuro de las actividades educativas, laborales y personales de las personas, hace falta tiempo y esfuerzo para alcanzar una adaptación satisfactoria. Es por este motivo que, aunque entendemos los motivos por los que se debate fervientemente sobre si la IA es positiva o negativa, no se puede negar que aún vivimos un periodo de adaptación masivo, y que muchas opiniones divergentes que hacen mucho ruido en la actualidad acabarán desapareciendo en pocos años.

Sin embargo, que esto sea un hecho más que conocido en la psicología humana, no quiere decir que todo debate sobre la legitimidad y ética de los potenciales beneficios que acarrea la inteligencia artificial sea una opinión disidente sin ningún fundamento científico. La experimentación, el estudio científico, el debate, y la normalización tecnológica, son las únicas vías realmente efectivas que, como sociedad, tenemos a disposición para alcanzar resultados concluyentes sobre el rol de las IA en el futuro.

En esta sección del informe, nos encargaremos de abrir el debate a la comunidad científica (y a la sociedad en general), sobre lo que sabemos acerca de la inclusión de la inteligencia artificial en nuestra área de experticia: la educación. Revisaremos los cuestionamientos éticos de su uso en las aulas, y formularemos recomendaciones para los centros educativos y docentes que deseen conocer en detalle el funcionamiento de la inteligencia artificial. Por último, daremos un pequeño espacio para que nuestro equipo de especialistas les comente sobre nuestras aplicaciones de IA educativas favoritas, las cuales ya hemos comenzado a recomendar en nuestras asesorías tecnológicas.

Comencemos por lo más importante al incluir una tecnología en el aula: los desafíos externos a la propia herramienta. El principal problema a resolver será la vía en que capacitaremos a los docentes en IA pedagógica. Lograr crear planes de capacitación docente obligatoria, en un entorno educativo que no acepta fácilmente los cambios de paradigma, puede resultar muy dificultoso. Será necesario involucrar a todos los agentes educativos actuantes en las decisiones curriculares, para hacer de la capacitación continua una realidad ineludible en el desarrollo docente. Esto es fundamental ya que, de no hacerlo, los estudiantes conocerán el funcionamiento de la herramienta en mucha más profundidad que el docente.

Hay quienes podrían creer que esto no es una desventaja, y que el conocimiento del alumno en un área concreta no debe ser visto como una debilidad, sino como una herramienta más para alcanzar el máximo potencial educativo. En CERLI estamos totalmente de acuerdo con esta idea, siempre y cuando el docente tenga el mismo conocimiento o más. Recordemos que la figura del docente moderno actúa como una guía para el grupo de estudiantes, en su camino hacia el desarrollo personal y profesional. Si, en este camino, el estudiante conoce los pasos a seguir en mayor profundidad que el profesor, entonces este último no será capaz de garantizar la pedagogía en la herramienta tecnológica, viéndose superado por la falta de capacitación.

Teniendo esto en cuenta, dedicaremos esta sección del informe a desarrollar brevemente todo lo que sabemos sobre inteligencias artificiales educativas, sus usos, sus formas de implementación, y sus principales fortalezas y debilidades. A partir de este punto, será responsabilidad del sistema y sus actores (lo que incluye al personal docente) tomar las riendas del conocimiento, adentrarse en este, y utilizar su creatividad y su formación para dar usos novedosos y útiles a estas herramientas, potenciando sus lecciones a un nuevo nivel nunca visto. Deseamos ver estos avances en el aula, y tener la oportunidad de estudiar sus alcances y sus potenciales mejoras. Dicho esto, comencemos con los detalles técnicos.

Lo primero que debemos saber sobre la inteligencia artificial en el aula es que, a diferencia de otras tecnologías preexistentes, no existe una única forma de implementarla. Las IA generativas actuales abarcan grandes áreas del conocimiento, las cuales abordamos mediante metodologías tradicionales en los sistemas educativos de todo el mundo. Esto implica que, para dar seguridad en su uso, es necesario crear una estrategia personalizada en cada caso concreto. Esta imposibilidad de generalizar su uso es, en lo profundo, lo que da tanta versatilidad a sus funciones generales, haciendo de su implementación algo más complicado, pero aumentando su potencial impacto en la enseñanza.

Debemos aclarar que, cuando hablamos de enfoques educativos de la inteligencia artificial, no nos referimos a usos tradicionales como redacción de texto o traducción a múltiples idiomas. Hablamos de su aplicación en la mejora y evolución, inclusiva y resiliente, de las metodologías de enseñanza aplicadas por los docentes. En otras palabras, el futuro de las IA en educación no será como núcleo central de la enseñanza, sino más bien como una herramienta que aportará todo aquello que no podemos conseguir por medios tradicionales.

Con esta afirmación, también nos referimos a todo aquello que podría hacerse con metodologías tradicionales, pero dedicando mucho tiempo a su perfeccionamiento y aprendizaje. Es posible aprender a diseñar imágenes digitales, pero es mucho más sencillo aprender a utilizar una IA generativa. Esto permitirá que los docentes (incluso aquellos que usualmente no recurrirían a refuerzos visuales en sus materiales) incluyan estos beneficios para los estudiantes en el material didáctico. La utilización de herramientas LLM como ChatGPT, tendría como objetivo establecer un nexo natural e intuitivo entre el lenguaje humano, y el que utilizan las correspondientes IA.

Por ejemplo, supongamos que hemos desarrollado una interfaz de Stable Diffusion, capaz de crear imágenes hiperrealistas y adaptables, las cuales podemos incluir en nuestros materiales didácticos. Los mejores resultados se obtendrán cuando el prompt de entrada sea realizado mediante la inclusión de comandos y directrices, en lugar de

expresar nuestras intenciones en lenguaje natural. Esto podría reducir la posibilidad de que un docente (sin mucha experiencia) utilice esta herramienta, ya que debería aprender a escribir prompts de entrada más complejos. ChatGPT actuaría como un traductor inmediato entre el lenguaje natural humano, y los prompts de entrada. Tan solo haría falta incluir un LLM en nuestra interfaz, que convierta las ideas creativas de los docentes en prompts, y el API de Stable Diffusion las transformaría en imágenes realistas y útiles, sin necesidad de aprender a operar una interfaz compleja.

Incluir tecnología en el aula, especialmente esta clase, implica encontrar usos creativos y novedosos, con la intención de mejorar o dotar de mayor eficiencia al aprendizaje de los alumnos. No tendría ningún sentido utilizar estos avances para sustituir ineficazmente las metodologías tradicionales, teniendo la posibilidad de innovar y revolucionar el aula con inclusión, resiliencia, y competencia. En CERLI no nos limitamos a contar la historia; ofreceremos soluciones novedosas y de gran impacto para empoderar a las autoridades educativas en las tecnologías del siglo XXI.

A partir de este punto, brindaremos la información necesaria para que cualquier organización, institución, o actor educativo que desee estar lo suficientemente informado sobre este tema pueda estarlo.

Ética sobre la IA educativa

Los dilemas éticos y morales asociados a las inteligencias artificiales no son nada nuevo. Existen multitud de estudios que comienzan a indagar en los potenciales limitantes que deberán tener las IA en el futuro, para no acabar siendo más problemáticas que beneficiosas. No obstante, cuando hablamos de la educación, los dilemas morales más importantes se encuentran asociados a cuestionamientos sobre si el uso de una inteligencia artificial no es comparable con hacer trampa. Por ejemplo, si un alumno utiliza ChatGPT para realizar su ensayo sobre la Segunda Guerra Mundial, ¿posee acaso alguna clase de valor educativo el cumplimiento de la tarea?

En CERLI no nos parece motivo de orgullo limitar las herramientas modernas en la educación, especialmente cuando resultan tan útiles y revolucionarias. En el ejemplo anterior, donde muchos ven trampa, nosotros vemos un error curricular; si la tarea asignada es tan sencilla que una herramienta digital puede resolverla satisfactoriamente en segundos, entonces ¿dónde está el avance educativo en que el estudiante la realice por su cuenta? Esta clase de tareas como “Escribe un ensayo sobre X”, o “Responde a las siguientes preguntas sobre X tema”, fueron creadas con la idea de que, para realizarlas, los estudiantes deberían leer sus apuntes y buscar información en los libros y materiales que el docente les da.

Esto garantiza que repasarán lo visto en clase, y que no se conformarán con lo que el docente mencionó en el aula. Sin embargo, estas tareas han sido muy criticadas con el auge de la tecnología, ya que

expuso una desconexión entre el mundo laboral adulto, y el meta-mundo en el que se educan los jóvenes.

En la vida real, los profesionales utilizan las herramientas tecnológicas disponibles como un apoyo constante en su trabajo. Los programadores utilizan librerías, códigos prehechos, e IA para perfeccionar y dar eficiencia a sus trabajos, los administrativos utilizan herramientas como Excel, ChatGPT, y otros softwares para mantener cierto orden y control sobre su trabajo y sus documentos, los científicos utilizan simuladores basados en inteligencia artificial y calculadoras digitales para realizar sus modelos, y podríamos seguir eternamente.

Cuando una herramienta es lo suficientemente poderosa y útil como para volver más eficiente el trabajo de un profesional, aun cuando eso implique dirigir gran parte de la carga laboral a una tecnología, siempre acaba usándose. Aquel que aprendió a utilizar estas herramientas previamente, posee una ventaja asombrosa en comparación a quien aún utiliza mecanismos análogos o que requieren mayor acción humana. Esto, que hace años forma parte del mundo laboral, no ha encontrado su lugar en la educación moderna, donde nos hemos centrado más en que los estudiantes aprendan primero el método análogo, para que luego, por sí solos, aprendan las herramientas digitales ¹¹.

Y esto no es nada nuevo; ya ocurrió entre finales del siglo XX y principios del siglo XXI con las calculadoras. En esos tiempos, utilizar una calculadora para resolver una operación matemática era visto casi como una herejía, y no fue hasta que se normalizó su uso que el sistema educativo pudo apreciar que, con herramientas tan poderosas como las calculadoras modernas, se podrían enseñar contenidos mucho más complejos y avanzados que los que usualmente se enseñaban, potenciando las competencias profesionales de los graduados significativamente.

¹¹ Ya no es solo que aprendan a utilizarlas sin ningún apoyo de las figuras docentes, sino que es el propio sistema educativo el que desincentiva su uso en el aula. Los jóvenes se ven rodeados de herramientas útiles e innovadoras, que no están capacitados ni habilitados a usar.

Nadie dejó de enseñar a sumar porque existan las calculadoras, pero una vez comprendido el concepto en sí mismo, es natural dejar de lado la complejidad innecesaria, para ceder ese espacio a nuestro cerebro digital, y ocupar nuestro cerebro biológico en procesar tareas y conocimientos más avanzados.

Nadie dice que no se debe enseñar a escribir cartas y ensayos porque ChatGPT puede hacerlo por nosotros. Pero, una vez aprendido, es esperable y necesario ceder una tarea de menor carga creativa a una herramienta tecnológica, y centrarnos en aspectos más interesantes como la corrección de los resultados, la revisión de información, la búsqueda de fuentes, las reformulaciones, etc. Las mejores tareas para un estudiante son aquellas que puede comprender y realizar, pero que, al mismo tiempo, presentan un desafío para sus conocimientos y habilidades. Una tarea que puede resolverse tan sencillamente como escribir dos oraciones de entrada para una IA, no es una tarea que cumpla dicho requisito.

En lugar de una tarea como “Realiza un ensayo sobre X tema”, podemos sugerir algo como “Basándonos en el siguiente ensayo sobre el tema X, realiza una presentación sobre tus opiniones sobre el mismo. El docente y los alumnos podrán cuestionar tu presentación, debiendo defender tu postura”. Otra opción sería “Elige un tema de entre la siguiente lista, y prepárate para un debate. El docente elegirá alumnos con el mismo tema, y mediante mínimas intervenciones, los hará debatir sus opiniones en profundidad”. También podríamos plantear algo como “Elige una problemática social de tu comunidad, y diseña un plan de acción detallado para combatirla. Luego, presenta esta idea ante tus compañeros, y prepárate para sus posibles preguntas”.

Todos estos ejemplos, si bien son similares, pueden ser utilizados como bases para crear variantes didácticas y educativas que hagan irrelevante el uso de una IA. Incluso si el alumno utiliza ChatGPT para obtener información, la necesidad de conocer en profundidad el tema del que se le cuestionará lo habrá forzado a entenderlo y estudiarlo. Tienen el mismo efecto que solían tener las tareas anticuadas, pero ahora las IA son complementarias a la tarea, y no un enemigo que

derrotar. De estas ideas se desprenden también los proyectos y tareas amplias, que pueden utilizarse para sustituir las evaluaciones tradicionales.

Sin embargo, la crítica del uso de IA como solucionador de tareas no es el único cuestionamiento ético y moral que se les ha lanzado. Otro muy común es el plagio en el que se basan las IA generativas; al utilizar información de internet para generar sus salidas, estas pueden reproducir casi por completo contenido de una fuente preexistente, fomentando el plagio y las violaciones a los derechos de autor. Este es un desafío contra el que las IA han peleado desde su mismísima creación, y representa un problema mucho más difícil de sortear.

Es cierto que las IA generativas parten de modelos y patrones repetidos en sus modelos de aprendizaje, y que luego crean una respuesta nueva que presenta las características clave de sus originales. En este sentido, la IA no realiza plagio per se, ya que crea una respuesta nueva, manteniendo los rasgos de contexto y contenido que hagan de las respuestas algo coherente y valioso según la entrada del usuario. Dicho de otra forma, la IA no copia sus fuentes; escribe un texto nuevo que posee todo aquello que hace útil al texto original.

A pesar de esto, la IA tiene limitaciones que, cuando son alcanzadas, acaban pareciéndose más a un plagio que a una generación nueva. Esto ocurre, por ejemplo, cuando no existen muchas fuentes acerca del tema sobre el que pregunta el usuario. Al existir poca información, la IA genera su respuesta a partir de pequeñas cantidades de texto, lo que inevitablemente lleva a que la salida sea un parafraseo, o, en el mejor de los casos, una reformulación. Incluso se corre el riesgo de que la información sea equivocada, o que presente sesgos producto de la falta de comparación.

Si miramos ambos textos, el original y el generado, parecerá que el generado por la IA guarda demasiadas similitudes con las fuentes originales. Esto podría ser cuestionable si dicha respuesta se utiliza para algo que se buscará publicar o presentar como propio, aunque el marco legal actual podría no estar preparado para detectarlo como plagio.

Otro ejemplo en el que podríamos tener un caso similar es cuando las fuentes disponibles no sean lo suficientemente variadas entre ellas. Cuando la IA busque identificar los patrones clave, incluso si tiene suficientes fuentes como para desarrollar, concluirá que grandes porciones de texto son relevantes ya que se repiten en la mayoría de las fuentes consultadas. Al generar el texto de salida, estos rasgos se heredarán inevitablemente, haciendo que este sea un refrito de lo escrito en las fuentes originales. O incluso puede ser peor, y que la IA “infiera” datos para ampliar la redacción, inventándoselos y volviendo falso a lo que se expresa en el texto.

Para evitar esto, los docentes pueden reformular la tarea para que no consista únicamente en producción de texto, añadiéndole un peso al proceso de investigación. Podrían pedirse ejemplos adicionales sobre su experiencia personal o contexto local, así como también la exigencia de verificar las fuentes para garantizar su confiabilidad. Esto puede usarse como muleta al principio, y luego el estudiante lo realizaría automáticamente por repetición. Se le pediría durante las primeras tareas que defina y explique por qué utilizó las fuentes que consultó, y cómo se aseguró de que fueran fiables.

También podría permitirse el uso de IA, siempre y cuando se acompañe de una pequeña página de métodos, donde se expliquen los inputs que utilizó el estudiante, los fundamentos detrás de estos, y cómo se aseguró de seleccionar el mejor texto posible para su tarea. Esta reflexión lo obligará a revisar la información que utiliza, así como también servirá como fundamento para que el docente incentive el uso correcto de la IA, para evitar posibles plagios, errores, entre otros factores determinantes para su aplicación futura.

Para terminar con los cuestionamientos morales y éticos, abordaremos el que, desde nuestra perspectiva, es el más complejo y significativo de todos. Si fomentamos la IA y su uso indiscriminado, ¿cómo podemos asegurarnos de que no estamos afectando las capacidades de los estudiantes para pensar de forma independiente? ¿Cómo sabremos si la IA nos ayuda a desarrollar la creatividad, o si, por el contrario, limita el pensamiento divergente? Volver plausible una

afectación incontrolable al desarrollo cognitivo y creativo de los estudiantes acaba siendo, sin ninguna duda, un cuestionamiento más que relevante en el debate sobre la implementación de IA en el aula educativa moderna.

Con este fin, debemos mencionar a un autor prolífico de este tema: Nicholas Carr. Tras su salto a la fama con sus artículos sobre tecnología en los negocios, Carr trabajó en aspectos más dirigidos hacia el impacto de las tecnologías en las personas, escribiendo artículos y libros sumamente relevantes para este informe como *“Is Google Making Us Stupid?”* (2008), y *“The shallows: What the Internet Is Doing to Our Brains”* (2010).

En el primero de estos, Carr expone que las nuevas tecnologías y su facilidad de uso han favorecido una cultura de la superficialidad informativa. Atribuye este fenómeno a la propia estructura de internet, afirmando que las capacidades generales de lectura, pensamiento crítico, y procesamiento de información se han visto severamente perjudicadas desde la popularización de las tecnologías de sobremesa. Su argumento se basaba en la idea de que el cerebro humano es una estructura maleable, que se adapta a los medios por los cuales se obtiene la información ¹². Visto así, a diferencia de los libros y periódicos, la lectura en línea y la hiperconectividad fomentan la distracción constante, haciendo que nuestra mente aprenda a procesar información de forma mucho más superficial.

Por otra parte, en el libro de 2010, Nicholas da un paso más allá en sus afirmaciones y, partiendo de las ideas del filósofo y sociólogo canadiense Herbert Marshal McLuhan, realiza un revisionismo histórico profundo sobre todos los intercambios de facultades mentales que hemos vivido, su impacto en nuestra sociedad, y sus resultados en el corto, mediano y largo plazo. Carr reafirma la plasticidad de nuestra mente, haciendo fuertes advertencias de cara al futuro, las cuales recibimos hoy en día con claridad. Las tecnologías modernas (como la IA, aunque Carr no conocía su alcance en ese entonces) están diseñadas

¹² Esto se basa en los estudios de neuroplasticidad, una rama de la neurología que estudia los límites maleables de nuestra mente, en función de las vías en las que recibe y procesa la información.

de forma tal en que favorezcan el desarrollo de pensamiento superficial, y fomentan la falta de conexión con la información.

Las ideas desarrolladas por Nicholas Carr encuentran puntos de apoyo en distintas investigaciones sobre la plasticidad cognitiva y los cambios en los hábitos de lectura. En *“Proust and the Squid: The Story and Science of the Reading Brain”* (2007), Maryanne Wolf analiza la relación entre la lectura, el aprendizaje, y la capacidad del cerebro humano para adaptar sus circuitos a una habilidad que no es innata.

Por otra parte, en el artículo *“Reading Behavior in the Digital Environment: Changes in Reading Behavior Over the Past Ten Years”* (2005), Ziming Liu estudia los cambios en los hábitos de lectura asociados al crecimiento de los entornos digitales, identificando una mayor tendencia hacia el escaneo, la búsqueda de palabras clave, la lectura selectiva, y la navegación entre contenidos, en detrimento de formas de lectura más sostenidas y profundas.

Estas investigaciones no demuestran que la lectura digital active, por sí misma, regiones cerebrales completamente diferentes a las utilizadas durante la lectura impresa. Sin embargo, sí permiten observar que el medio a través del cual accedemos a la información puede favorecer estrategias de lectura y procesamiento diferentes. Esto resulta especialmente relevante para el planteamiento de Carr, ya que su preocupación no se centra únicamente en la tecnología como herramienta, sino en los hábitos cognitivos que desarrollamos a partir de su uso constante.

En el artículo *“Reading Linear Texts on Paper versus Computer Screen: Effects on Reading Comprehension”* (2013), Anne Mangen, Bente R. Walgermo, y Kolbjørn Brønnekk compararon la comprensión lectora de estudiantes que leyeron los mismos textos en formato impreso y en una pantalla de computadora. Los resultados mostraron un mejor desempeño en comprensión entre quienes realizaron la lectura en papel. Los autores plantean que las características físicas y espaciales del soporte, así como la forma de navegar por el texto, pueden influir en

la construcción de una representación mental coherente de aquello que se está leyendo.

Estos resultados no pueden trasladarse automáticamente al uso de inteligencia artificial, ya que se trata de tecnologías y formas de interacción diferentes. No obstante, ofrecen un punto de partida relevante para formular una pregunta similar: si las herramientas que utilizamos para acceder, procesar, y producir información pueden modificar nuestros hábitos cognitivos, ¿qué efectos podría tener el uso habitual de inteligencia artificial generativa sobre capacidades como el pensamiento crítico, la creatividad, y el procesamiento profundo de la información?

La existencia de esta posibilidad no demuestra que dichos efectos sean necesariamente negativos, pero sí justifica estudiarlos antes de asumir que la incorporación de IA en la educación carece de consecuencias cognitivas. Pero, antes de alarmarnos, revisemos si existen evidencias para afirmar tal cosa como que la implementación de inteligencia artificial en el aula puede traer como consecuencia la erosión del pensamiento crítico y del desarrollo cognitivo. Inicialmente, recurrimos a una eminencia en este campo, quien ha trabajado con la UNESCO para establecer los marcos curriculares de la IA en las aulas de todo el mundo: Wayne Holmes.

En el libro *“Artificial intelligence in education: promises and implications for teaching and learning”* (2019), Holmes, Bialik y Fadel estudian los contextos de aplicación de la inteligencia artificial, detallando los impactos educativos de estas tecnologías. Sin embargo, aunque este libro ha sido muy esclarecedor, el hecho de que haya sido publicado mucho antes de la popularización masiva de las IA generativas nos hizo cuestionarnos sobre si sus ideas siguen siendo igualmente válidas en esta nueva realidad. Por tanto, decidimos ampliar nuestra bibliografía mediante autores en diferentes contextos educativos, que hayan realizado análisis más exhaustivos de la aplicación de IA en el aula y sus efectos psicopedagógicos a corto y mediano plazo.

En estos contextos, nos encontramos con artículos como *“El Impacto de la Inteligencia Artificial en la Creatividad y el Desarrollo de Habilidades Cognitivas Superiores en Estudiantes Universitarios”* (2025), publicado por James Alduber Taramuel-Villacreces, el artículo *“La inteligencia artificial y el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes universitarios”* (2024) publicado por Deinny José Puche Villalobos, y también el artículo *“La influencia de la inteligencia artificial en la creatividad y el pensamiento crítico en estudiantes universitarios”* (2024) publicado por Jorge L. Loáiciga Gutiérrez, Carlos L. Chanto Espinoza, y Cristhian Chaves Jaén.

Estos artículos afirman vehementemente que existen correlaciones positivas y beneficiosas entre la implementación correcta de IA en el aula, y el desarrollo de habilidades cognitivas, pensamiento crítico, creatividad, y mejores estrategias pedagógicas. No obstante, también todos hacen un hincapié importante (especialmente el último de estos) en que la forma en la que se implementa y utiliza la inteligencia artificial en el aula, marcará en definitiva si esta logra anteponerse a sus potenciales desafíos, o si se convierte en una herramienta que fomente la flojera mental, la falta de creatividad, y la desinformación. Será trabajo de los educadores y demás autoridades educativas asegurarse que su uso sea estudiado e implementado de la mejor manera posible, garantizando así que sus beneficios opaquen a los potenciales riesgos.

En cuanto a la investigación de Nicholas Carr, no consideramos que la misma sea un mensaje anti-tecnología, sino más bien una advertencia que los investigadores debemos tener en cuenta: modificar el cerebro no es gratis. Para adaptarnos a los beneficios de las nuevas tecnologías, debemos estar dispuestos a sacrificar aspectos pequeños, pero significativos, de nuestras capacidades mentales actuales. La inteligencia artificial tiene el potencial de ayudarnos a potenciar la educación hacia la inclusión, la globalización del conocimiento, y la libertad de pensamiento. No obstante, sería completamente iluso suponer que dicha transición no tendrá un precio, que se pagará con aspectos que consideramos parte de nuestra mentalidad.

Carr expresaba este intercambio mediante ejemplos más visuales, como la transición de la orientación natural a los mapas, y de los mapas al GPS. En la primera, se intercambió el conocimiento necesario para movilizarse sin tener nada más que la naturaleza, por el conocimiento necesario para desplazarse en cualquier dirección, pudiendo elegir una ruta más conveniente. Luego, intercambiamos esto por la capacidad de orientarnos en cualquier lugar, sin necesidad de mapas diferentes, y siguiendo siempre la ruta más eficiente para llegar a nuestro destino.

Nosotros mismos, a lo largo de este informe, hemos ejemplificado esta misma idea; cuando mencionamos la transición de los softwares informáticos de funcionales, pero poco amigables, a sumamente amigables, pero con limitaciones de funcionalidad, lo señalamos como la responsable de la pérdida de competencias digitales en las nuevas generaciones. Es decir que, incluso siendo tecno-optimista, es innegable que las ideas de Nicholas Carr son indudablemente ciertas. No obstante, si convenimos en que el fin justifica los medios, y nos ajustamos a los objetivos de la agenda educativa moderna, este intercambio de facultades mentales es un hecho imposible de eludir.

Por lo tanto, serán nuestras decisiones y mecanismos de implementación los que definirán qué aspectos de nuestra mente cederemos, buscando perder la menor cantidad de humanidad posible, a cambio del mayor beneficio global alcanzable. Si queremos lograr esto, debemos prepararnos para implementar correctamente la inteligencia artificial en el aula, revisando todas las posibles variables que puedan complejizar el proceso.

Implementar (con éxito) IA en el aula

Habiendo definido entonces que la diferencia entre ser una herramienta de gran potencial educativo, o el enemigo número uno de la creatividad y el pensamiento crítico es, sin más, la forma en la que implementamos y utilizamos la inteligencia artificial, entonces es lógico afirmar que nuestra principal misión debería ser crear un marco curricular, dentro del cual estas garantías estén presentes. En CERLI, nos hemos documentado acerca de las principales guías de implementación a nivel mundial, analizando las diferencias entre cada una de ellas, y aportando nuestro granito de arena para perfeccionarlas.

Antes de proceder a comentar nuestra propuesta de marco curricular, nos gustaría compartir con ustedes los puntos clave de nuestra investigación en este aspecto, destacando el trabajo de organizaciones que han hecho un enorme y valioso trabajo en aportar estas herramientas a los docentes.

La inteligencia artificial es una realidad en todos los ámbitos, pero en la educación encuentra desafíos de implementación significativos que no vemos presentes en los demás. El motivo detrás de esto se encuentra vinculado a la dificultad de crear planes útiles donde pueda ser debidamente aplicada, y capacitación docente obligatoria que permita su proceso de implementación. El docente representa una figura de autoridad en el aula, que guía a los estudiantes entre las herramientas para el conocimiento disponibles. Si el mismo no se encuentra debidamente informado por encima del nivel del grupo de alumnos, será rápidamente superado por la complejidad de la lección, impidiendo que ejerza su rol de la manera adecuada.

En este contexto, es imprescindible comprender que una implementación ética y pedagógicamente efectiva de la IA en el aula debe enfocarse en la construcción de un entorno formativo preparado para su uso; un espacio de aprendizaje. Para lograr esto exitosamente, es necesario trabajar sobre dos ejes simultáneamente: la alfabetización digital educativa, y la creación de marcos curriculares claros, a nivel institucional, sobre la IA. En otras palabras, debemos ser capaces de garantizar acceso y conocimiento en el uso de estas herramientas, pero no sin antes tener también políticas institucionales sobre su inclusión en el aula.

Un gran ejemplo de esto último son las Directrices Éticas de IA Educativa de la Unión Europea, publicadas en el año 2022. En su documento oficial se hace hincapié en la exigencia de desarrollar una actitud crítica e informada sobre el uso de tecnologías que operan mediante grandes cantidades de datos, con las que, mediante su uso, se puedan generar implicancias profundas en los procesos de aprendizaje y evaluación. Este enfoque nos obliga a repensar el debido uso que le damos a estas herramientas, así como también los criterios que utilizamos para regular y monitorear sus efectos en los estudiantes. En cierto modo, coloca la responsabilidad ética en el docente y la institución, y no en el alumno usuario de estas herramientas.

En paralelo, han surgido propuestas curriculares independientes muy interesantes de analizar. Los investigadores Sri Yash Tadimalla y Mary Lou Maher, de la Universidad de Carolina del Norte (Charlotte, EE.UU.), publicaron su artículo *“AI Literacy for All: Adjustable Interdisciplinary Socio-technical Curriculum”* en 2024. Su enfoque es más práctico que lo planteado por la UE, proponiendo un enfoque interdisciplinario que no trata simplemente de enseñar el funcionamiento de las IA, sino de incorporar la comprensión crítica de su impacto social, ético y político. Se plantea que, para que el proceso de aprendizaje sea efectivo, debe incluir conceptos base como el desarrollo de habilidades técnicas básicas, la capacidad de interactuar con herramientas generativas como ChatGPT de manera informada, y la reflexión ética sobre su uso.

Esto reafirma las directrices que hemos comentado anteriormente, exigiendo que las escuelas y docentes adopten un enfoque proactivo, formulando preguntas críticas acerca de las tecnologías que integran en su aula, tales como: ¿Qué ventajas significativas posee, comparadas con el enfoque tradicional? ¿Respeto la privacidad de mis estudiantes? ¿Refuerza o debilita la equidad educativa?

Se requiere un esfuerzo gradual pero sostenido para evitar caer en presiones y descontentos, ya que, de no hacerlo así, se corre el riesgo de aumentar el tecnoestrés, el agotamiento docente, y alimentar el rechazo a los nuevos paradigmas digitales. En el año 2024, un grupo de investigadores interuniversitarios, compuesto por Mike Perkins, Leon Furze, Jasper Roe, y Jason MacVaugh, publicaron el artículo *“The AI Assessment Scale (AIAS): A Framework For Ethical Integration Of Generative AI In Educational Assessment”*¹³. Este propone la creación de una “Escala de Evaluación para la IA”, con el objetivo de mejorar la transparencia con los estudiantes sobre el uso de IA en el aula, y empoderar a los educadores mediante el control sobre cómo y cuándo integrar estas tecnologías.

Este enfoque resulta asombrosamente útil, ya que permite clarificar el lugar que debe ocupar la inteligencia artificial en los procesos educativos, sin dejar ningún vacío normativo y pedagógico en medio. La AIAS propone una gradación de cinco niveles, cada uno asociado a diferentes grados de intervención de la IA en el proceso de evaluación.

Nivel 1: Sin IA

Cuando una tarea o evaluación es catalogada como “Nivel 1”, significa que debe ser elaborada íntegramente por el estudiante, sin ninguna clase de asistencia de IA. Esto implica que, para estos casos, el uso de IA generativa es visto como una trampa, la cual será corroborada y rechazada. Este tipo de tareas se utilizarían para medir competencias o

¹³ La escala que compartiremos a continuación es la que apareció originalmente en el artículo. No obstante, los autores han estado actualizando dicha escala para incluir, de forma completa, el impacto de las últimas tecnologías disponibles. Recomendamos revisar las últimas actualizaciones en la página web www.leonfurze.com

razonamientos propios, y podrían representar el número más pequeño entre las evaluaciones del curso.

Nivel 2: IA para generación y estructuración de ideas

En el nivel dos, se permite el uso de IA con el objetivo de ayudar con una “lluvia de ideas”, sugerencias de escritura y estilo, mas no podrá ser utilizada para generar el contenido del producto final. Por ejemplo, si tuviéramos que escribir una historia, podríamos utilizar ChatGPT para darnos ideas sobre la temática y el tipo de estructura, pero la historia per se deberá ser escrita íntegramente por el estudiante.

Nivel 3: IA para fines de edición lingüística

El estudiante podrá utilizar IA para mejorar una redacción, obteniendo recomendaciones automáticas de claridad, estilo y correcciones extra, sobre un escrito que ya ha sido redactado por el estudiante. En estos casos, lo que se suele pedir es que se incluyan ambas versiones (la original y la mejorada por IA), así como también una lista de las correcciones realizadas, y el motivo por el cual el estudiante consideró que dichas recomendaciones eran correctas.

Nivel 4: IA para tareas con evaluación humana

En este nivel, se aprovecharán las debilidades propias de la IA en beneficio del estudiante. Se propondrá una tarea que pueda ser realizada completamente por la IA, pero el alumno deberá analizar el contenido generado por esta, indicando, justificando, y corrigiendo posibles limitaciones, sesgos y errores que esta haya cometido. Con esto, los estudiantes perfeccionan habilidades metacognitivas y de evaluación crítica, mejorando sus capacidades para analizar información detenidamente.

Nivel 5- IA como Copiloto

Una tarea nivel cinco implica que la IA puede ser utilizada a lo largo de todo el proceso, sin ninguna limitación de creatividad, siempre y

cuando se reconozca su uso. La tarea del docente será plantear desafíos interesantes que, mediante el uso de la IA, potencien las capacidades de los estudiantes. Este nivel es el más cuestionado de todos, ya que implica que poco o nada de la tarea debe ser realizada obligatoriamente por el alumno. Sin embargo, es una gran oportunidad para que la tarea se encuentre asociada al propio funcionamiento de la IA, descubriendo sus usos y limitaciones para ser explotadas en tareas de otros niveles.

Este marco curricular nos ha llamado particularmente la atención, ya que, aunque no soluciona el problema original, sí ofrece un punto de partida objetivo y transparente. La verdadera fuerza de esta escala reside en su flexibilidad contextual, al no imponerse como un modelo universal. Las tareas y niveles pueden ser adaptados por cada institución, en función de sus metas formativas bajo sus currículas. No todos los centros y docentes deberán trabajar con los mismos cinco niveles, pudiendo orientarlos dinámicamente hacia lo que exige el curso.

Pero, al mismo tiempo, respetar una escala permite que los estudiantes trabajen sobre una misma “vara de medir”, la cual varía según la tarea, y no según la conveniencia del docente. En todo momento, el estudiante conoce lo que está permitido, con qué condiciones, y por qué razones, eliminando cualquier ambigüedad frente a sanciones o resultados, y abriendo la puerta a diálogos más maduros sobre la ética del aprendizaje con IA.

En el caso de los docentes, el AIAS representa una herramienta base para el diseño de sus evaluaciones. Los obliga a pensar en una consigna, pero también a replantearse su finalidad educativa. ¿Estoy evaluando la capacidad de escribir? ¿O la de pensar críticamente sobre una idea? ¿Es más relevante quién la redacta, o cómo se interpreta el resultado? El esfuerzo mental que requiere diseñar una tarea bajo esta escala, si bien puede parecer complejo, es sumamente atractivo para aquel docente que disfruta de diseñar y planificar tareas que desafíen el conocimiento de sus estudiantes. Esto resulta de gran ayuda para combatir el agotamiento docente, y la frustración por el uso indebido de IA.

En CERLI, hemos decidido dar un paso más allá, apoyándonos en esta escala tan interesante. Como nuestra experticia se encuentra focalizada en las soluciones tecnológicas a los problemas teóricos, hemos decidido plantearnos escenarios posibles de tareas (en distintos niveles de la escala) y diseñar una plataforma LMS ideal, que pueda garantizar el cumplimiento de las mismas, reduciendo al mínimo el riesgo de trampas.

Para comenzar, se debe crear una sección dedicada a tareas, lo cual es un estándar en las plataformas modernas. Aquí, lo desafiante sería desarrollar una interfaz gráfica que sea intuitiva, pero que, a su vez, consiga la máxima funcionalidad posible para el docente. Nuestra sugerencia sería separar las tareas por tipología, y, simultáneamente, cada tarea deberá tener una clasificación secundaria dentro de los estándares del AIAS. Cada tarea tendría su propia interfaz, a través de la cual tanto el docente como los alumnos podrían acceder. La única diferencia sería que el alumno solo podría utilizar las funcionalidades y enviar la tarea, mientras que el docente podrá modificar, asignar, y revisar las tareas enviadas (y por enviar), en tiempo real.

Por ejemplo, si utilizamos la escala AIAS original, un ejemplo de tarea nivel uno podría ser una prueba de comprensión lectora. En este caso, la plataforma debería deshabilitar cualquier tipo de asistente de texto, presentando la lectura en formato de imagen no descargable, seguida de preguntas de desarrollo breve. La plataforma debería bloquear las funciones de copiado y pegado, registrar el tiempo de realización, limitar la edición posterior al envío, y contar con sistemas automáticos de detección de actividad sospechosa. Las respuestas, junto con un informe detallado de la información registrada, servirán para que el docente pueda calificar y comprobar la legitimidad de la tarea.

Avanzando hacia el nivel dos, podríamos utilizar un sistema de texto para una tarea de "Escribe una historia, entre x e y palabras". La plataforma podría incluir un espacio de "inspiración asistida", en el cual el alumno accede a un generador de ideas o esquemas provistos por IA, pero con un espacio de trabajo independiente donde se espera que redacte el producto final de forma autónoma. Estas áreas deben estar

separadas visual y funcionalmente, lo cual se puede conseguir fácilmente mediante el previo entrenamiento de una API de ChatGPT. Se bloquearían las funciones de copiar y pegar, y se registrarían tanto el resultado de la tarea, como el historial de charla con la IA interna.

En el nivel tres, tendríamos una interfaz muy similar al nivel anterior, pero esta vez el usuario escribiría su texto, y luego podría pedirle a la inteligencia artificial integrada que sugiera modificaciones y correcciones, las cuales podrían añadirse automáticamente. Sin embargo, para que la corrección aparezca en el texto, el alumno deberá redactar brevemente una explicación sobre por qué acepta o rechaza la sugerencia de la IA. Nuevamente, deberíamos bloquear la opción de copiado y pegado, tanto para el texto original, como para las sugerencias de la IA.

Llegando ya al nivel cuatro, nuestro LMS debería poder facilitar una tarea que sea realizada inicialmente por la IA. Esto podría consistir, por ejemplo, en un artículo sobre un tema aleatorio (o que haya sido previamente seleccionado por el docente), en el que el alumno deba identificar errores, sesgos de información, inexactitudes, entre otros. El alumno debería poder seleccionar secciones del texto, y adjuntar un pequeño texto donde incluiría la explicación del error, una sugerencia de modificación, y un determinado número de fuentes externas para dar veracidad a su corrección. Incluso si utiliza IA para esto último, deberá revisar las fuentes para asegurarse de que no hayan sido inventadas.

Finalmente, las tareas de nivel cinco serían las más sencillas y complejas por igual. Por un lado, consisten en permitir todas las herramientas disponibles posibles, sin necesidad de limitarlas mediante programación o entrenamiento de IA. El desafío se encuentra en manos del docente, ya que deberá ser extremadamente creativo para encontrar un enfoque curricular, con potencial de evaluación. El sistema debe registrar la trazabilidad del trabajo realizado, guardando versiones intermedias, interacciones con la IA, y las reflexiones del alumno, a fin de que el docente pueda evaluar el proceso tanto como el producto final.

Como ejemplo, una tarea factible sería diseñar un proyecto o campaña de concientización sobre una temática que la IA puede sugerir. Se requeriría un mensaje, un audiovisual explicativo (el cual puede ser generado con IA si integramos una API en nuestra plataforma). En conjunto, podríamos pedir un ensayo donde se expliquen los detalles técnicos del proyecto, el porqué de la elección del tema, cómo fue utilizada la IA en el proceso, los riesgos éticos que tuvo su uso, y cómo fueron gestionados.

Como pueden observar, la plataforma LMS actúa como regulador del nivel de la actividad, garantizando la mayor seguridad posible para el docente, pero siendo claros y transparentes con los estudiantes. Esta actividad impulsa el uso de la IA dentro de los objetivos educativos que busca evaluar el docente. Esto impacta directamente en los cuestionamientos éticos que mencionamos anteriormente, al mismo tiempo que los alumnos aprenden el uso correcto y útil de la inteligencia artificial.

En CERLI, continuaremos desarrollando prototipos y escenarios viables para este modelo, colaborando con instituciones interesadas en una implementación gradual, ética y formativa de la inteligencia artificial en sus contextos de enseñanza. El camino hacia una educación digitalmente madura está en acompañar al estudiante con claridad, criterio y propósito. La IA puede y debe ampliar los horizontes docentes, sin comprometer la integridad del proceso de aprendizaje.

Consideraciones sobre recursos

Llega el momento de hacernos la pregunta del millón de dólares, lo que, en este caso, es literal. ¿Cuánto cuesta implementar IA en el aula, siguiendo los lineamientos que presentamos anteriormente? Esta pregunta, la cual hemos recibido múltiples veces en nuestras asesorías tecnológicas, tiene una respuesta compuesta por diferentes factores. Implementar IA hoy es considerablemente más económico que antes de la pandemia, ya que, con el auge de ChatGPT y su API, muchas empresas pudieron desarrollar sus propias plataformas, eliminando la necesidad de realizar la inversión inicial.

Para ser justos con las finalidades del informe, vamos a responder desde ambas perspectivas: tanto si la institución desea implementar una opción preexistente en el mercado, como si desea personalizar un LMS interno completamente personalizado. Comenzando por la primera opción, existen múltiples plataformas disponibles en el mercado, las cuales compartiremos en detalle en la próxima sección de este informe. No obstante, con un enfoque más general, podemos detallar un costo promedio que incluya tantas funcionalidades como sea posible. Utilizaremos una institución de ejemplo, y daremos números concretos para que las diferentes instituciones puedan extrapolar la cotización, a su escala particular.

Para este informe, consideraremos una institución de nivel primario, con 500 estudiantes entre los seis grados principales ¹⁴. Con una

¹⁴ Para poder ser representativo en los costos únicos de implementación, hemos considerado una escuela urbana, de contexto social medio-alto, que ya cuente con servicios digitales para el registro de sus estudiantes, y una población estudiantil con conexión a internet y acceso a dispositivos electrónicos en el hogar.

distribución aproximada de 25 estudiantes por grupo, necesitaríamos veinte grupos totales, y, por lo tanto, veinte docentes titulares de grado. Sumando entonces, y considerando únicamente el aula tradicional, necesitaríamos una plataforma LMS con capacidad para quinientos estudiantes, veinte docentes titulares, y seis miembros administrativos.

El ticket bajo una suscripción anual, para una plataforma personalizada con herramientas de inteligencia artificial “a la medida”, considerando el tamaño de la institución ejemplo, dependerá del modelo de pago. Se puede realizar mediante un costo fijo por alumno (cuando el número de usuarios no fluctúa en un periodo definido), o mediante el pago por usuario activo (cuando se requiere añadir usuarios a lo largo del año). En cualquier caso, los costos aproximados van desde 8,000 a 15,000 dólares anuales, acercándonos más al extremo superior de este rango de precio en caso de requerimientos personalizados con IA.

Aunque pueda sonar costoso, debemos considerar que estamos hablando de una suscripción mensual de apenas entre 1,3 a 2,5 dólares por alumno activo, lo cual es sencillamente amortizable con un plan de pago anual precontratado. La única variación significativa entre estas inversiones es el beneficio particular que nos puede ofrecer el equipo de soporte. Tener a una persona asignada al centro educativo, contar con mensajería de servicio 24/7, e incluso tener reuniones periódicas para revisar las funcionalidades de la plataforma, pueden encarecer levemente el precio anual, aunque es esencial contar con dichos beneficios.

Incluso elevando nuestras expectativas hacia una plataforma interactiva con IA, que incluya múltiples APIs diferentes para mayor funcionalidad, el ticket no ascendería considerablemente por encima de los 18,000 dólares anuales, lo cual sigue representando un costo de apenas tres dólares mensuales por alumno. Sin embargo, con el rápido avance que OpenAI está consiguiendo con ChatGPT, especialmente en sus últimas versiones, elevarse tanto en los costos para contar con múltiples APIs individuales podría resultar innecesario para instituciones por debajo del nivel universitario.

De hecho, lo económico de estas plataformas quedará en evidencia, ahora que analizaremos el costo de crear una versión personalizada única para el centro educativo. Solo en el desarrollo tecnológico, requeriríamos de una inversión cercana a los 30,000 dólares, más un costo anual de mantenimiento y servicios de unos 5,000 dólares. Esta cifra podría subir hasta los 50,000 dólares en desarrollo, si buscamos una interfaz interactiva e intuitiva, con el objetivo de reducir la curva de aprendizaje de los docentes y el personal administrativo.

Supongamos entonces que nuestra plataforma utilizará la API de ChatGPT, por lo que debemos sumar también el costo de los prompts, tanto de entrada como de salida. Estos se calculan mediante “tokens”, los cuales representan, por unidad, un aproximado de cuatro caracteres. OpenAI cotiza a 0,005 dólares por cada mil tokens de entrada, y a 0,015 dólares por cada mil tokens de salida. Haciendo una estimación de 500 estudiantes, 2 tareas diarias para cada uno, y 180 días lectivos, esto nos representaría 180 mil tareas anuales. Con un uso promedio por tarea de 1800 tokens (sumando entradas y salidas), la operación de la plataforma nos requeriría 324 millones de tokens, los cuales divididos 50-50 entre entrada y salida, nos dejan con un costo anual total de 3,240 dólares ¹⁵.

Además, considerando el caso donde la institución no tenga desarrolladores contratados permanentemente, ni haya realizado un acuerdo de suscripción con servicio de mejoría permanente con la empresa desarrolladora de la plataforma, entonces necesitaría añadir al costo total un servicio de programación y desarrollo periódico para revisiones de seguridad, implementación de nuevas tecnologías y tareas, o resolución de problemas eventuales. No hay forma de estimar fehacientemente este costo, pero deberá ser considerado como un añadido cuando las instituciones se encuentren en esta situación en particular.

¹⁵ Corresponde aclarar que estos son costos cotizados en contextos empresariales para desarrollo de software. OpenAI posee planes educativos que podrían ser más asequibles, aunque suelen estar orientados a universidades, y no cuentan con una plataforma LMS como tal. También es cierto que, con un modelo de optimización contextual para la información, se puede reducir significativamente el número de tokens necesarios.

Por último, deberíamos añadir también el costo de la adopción tecnológica, el cual suele quedar oculto en un análisis financiero de este tipo. Las plataformas existentes suelen considerar, dentro de su costo anual total, el servicio de capacitación docente y administrativa para el uso de su herramienta. No obstante, si hemos creado nuestra propia plataforma, debemos hacernos cargo también del costo de capacitación, el cual debería ser impartido por la empresa que realizó el desarrollo. Si pagamos lo suficiente como para que la plataforma sea intuitiva y funcional, un periodo de un mes de capacitación sería idóneo. Bajo esos términos, el costo añadido podría rondar los 1,500 dólares ¹⁶.

Como se puede concluir, el costo anualizado de las plataformas más caras (con relación al costo por alumno) que hay disponibles en el mercado, sigue siendo económico cuando se lo compara con el costo de crear una en particular para el centro educativo. El modelo de negocio de los desarrolladores funciona porque reducen los costos generales mediante la compra en volumen de tokens y servidores. Considerando lo que realmente cuesta el servicio, las plataformas preexistentes cobran tasas relativamente económicas a cada centro, pero logran amortizar la inversión gracias a la escalabilidad de su modelo de suscripciones anuales.

Tras analizar el retorno de inversión en ambos casos, nuestro equipo pudo concluir que, en el caso de un modelo contratado anualmente, el pago se rentabilizaría por sí solo con un aumento de entre 24 y 48 dólares por alumno en el costo de matrícula anual. Sin embargo, consideramos una mejor opción repartir este aumento en la cuota mensual, donde representaría entre 2,4 y 4,8 dólares mensuales extra que, aunque el valor anualizado sea el mismo, resulta más cómodo para las familias ¹⁷. El descuento en un modelo de suscripción anual suele

¹⁶ Este es, quizá, el número menos realista de este informe. Basamos este costo en la elaboración de un modelo de aprendizaje e-Learning, mediante una plataforma existente, y sin considerar la compensación a los docentes capacitados. Si la empresa ya había considerado esta necesidad, es posible que incluya este costo en la cotización total del desarrollo tecnológico. Por lo tanto, este número puede ser mucho mayor, o directamente no ser necesario.

¹⁷ Los valores se dividen en diez cuotas debido a que, aunque el año calendario tiene doce meses, la mayoría de los centros educativos privados en Latinoamérica y el Caribe solo cobran cuota mensual durante el año lectivo, el cual dura diez meses.

depender directamente del pago por adelantado. En dicho caso, la institución debería realizar la inversión inicial anual total para obtener el mejor precio posible, y la habría recuperado al final del año.

Sin embargo, como en este caso estamos considerando un costo anual fijo, y no un pago con ajuste mensual por cuenta activa, debemos tener en cuenta la tasa de deserción escolar del centro, ya que son cuentas inactivas que ya habremos pagado. Con una tasa del 5%, esto implica una pérdida anual de 600 dólares en nuestra escuela ejemplo. Si decidimos no extrapolar nuestras pérdidas al costo por alumno, igualmente podríamos costearlas internamente con la reducción en otras suscripciones de servicios que la nueva plataforma absorbería, y con el ahorro de horas docentes y practicidad adquirida, lo cual representa una ventaja competitiva contra otros centros.

Por supuesto, esto se podría economizar significativamente con una tarifa variable por usuario mensual activo, descontando los meses de vacaciones, donde tenemos una disminución casi total del uso de la plataforma. Aunque también habría que considerar que, en un modelo de tasa variable por usuario activo, las tasas a cobrar no suelen obtener la bonificación de precios que las plataformas ofrecen en el cargo fijo anual. Estas dos cuestiones se contrarrestan mutuamente, haciendo que la mejor opción dependa directamente de la variabilidad de usuarios activos a lo largo del año lectivo, independientemente de lo que ocurre fuera de él.

Si, por otro lado, optamos por una opción personalizada única, el análisis cambia radicalmente. Inicialmente, comenzaríamos con una inversión mucho más elevada para el primer año, lo cual nos dejaría en pérdidas. Si quisiéramos recaudar lo suficiente como para no perder dinero en el primer año, deberíamos considerar un costo de entre seis y siete dólares mensuales por alumno, lo cual es más del doble de las opciones disponibles en el mercado. Y esto sin contar la tasa de deserción escolar, haciendo que el costo por alumno pueda alcanzar los ocho o nueve dólares, llegando al triple del costo mensual de las plataformas preexistentes.

Existen muchas formas de optimizar este costo como, por ejemplo, repartir la inversión en desarrollo en varios años. Si logramos dividir el pago total en tres años, podemos prácticamente igualar el costo por alumno con las plataformas preexistentes. Por otra parte, si creamos la plataforma para una unión de centros educativos, en lugar de para una institución particular (lo que se suele denominar como economía de escala), podríamos reducir el costo por centro significativamente, alcanzando los mismos niveles de plataformas preexistentes con, al menos, cuatro centros educativos en la red.

También hay que considerar que, en un modelo creado particularmente, se puede optimizar significativamente el uso de tokens, economizando la operación por completo. Las plataformas preexistentes incluyen, dentro de su precio, un cargo estimado de tokens, los cuales compran masivamente de antemano. Por lo tanto, cada institución que los contrata acaba pagando un pequeño recargo por los tokens estimados que no se utilizan. En un modelo particular, el número de tokens puede ser comprado en función de la necesidad calculada, los sobrantes acumulados, y el número de usuarios activos en cada mes. No es sencillo, pero sí es posible con el equipo técnico adecuado, y permite reducir el costo mensual significativamente.

Desde CERLI, nuestro consejo es claro: siempre que estemos trabajando en un centro educativo individual, lo mejor es contratar el servicio de una plataforma preexistente. Si el alumnado fluctúa significativamente a lo largo del año, entonces recomendamos negociar una tarifa mensual por usuarios activos, mientras que, si logramos tasas de variación bajas, lo mejor será un pago único anual, lo cual suele representar un ahorro considerable a las tasas mensuales, en un modelo de suscripción.

Asimismo, si un centro educativo pertenece a una red multistitucional, entonces considerar una plataforma única, desarrollada particularmente, y pagada a plazos (o dividida entre cada centro), ofrece mejores costos a largo plazo, y una mayor diferenciación y ventaja competitiva como institución. Pero, incluso en este caso, existen opciones en el mercado (situadas en el rango “caro”), que

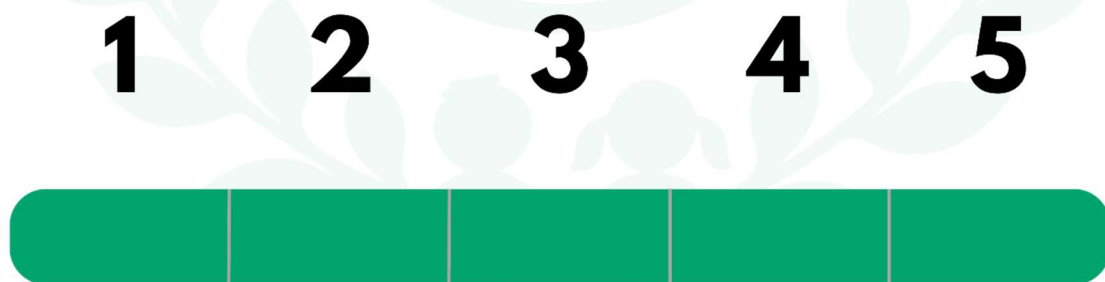
pueden ofrecer prestaciones similares, sin requerimientos de inversión inmediata.



Ejemplos de IA educativa

Antes de cerrar este informe, como ya es de costumbre en nuestras investigaciones, queremos compartir con ustedes algunos de los softwares educativos con IA que nos han impresionado en sus funcionalidades. Para esto nos hemos tomado el desafío de crear una métrica mediante la cual evaluar su funcionamiento.

Tras analizar detenidamente los criterios que deseábamos aplicar, hemos decidido crear un sistema de barras horizontales, las cuales abarcarán cinco categorías fundamentales para una herramienta tecnológica que se aplicará en el aula, las cuales son las siguientes: curva de aprendizaje, interfaz, innovación, uso de IA, y costo.



Comenzando por la **CURVA DE APRENDIZAJE**, esta mide qué tan fácil es comenzar a usar la herramienta para docentes o alumnos.

- 1- Requiere formación técnica.
- 2- Requiere muchas horas de uso.
- 3- Requiere algunas horas de uso.

- 4- Bastante fácil de aprender con poca ayuda.
- 5- Se puede usar desde el primer contacto.

Luego, tenemos la **INTERFAZ**. Este punto evalúa la usabilidad, claridad visual y diseño general del programa.

- 1- Interfaz desactualizada o sobrecargada.
- 2- Interfaz actualizada pero confusa.
- 3- Diseño aceptable, aunque no optimizado.
- 4- Clara y funcional.
- 5- Moderna, limpia, intuitiva, atractiva visualmente.

Por otro lado, la **INNOVACIÓN** evalúa si la herramienta propone algo nuevo o disruptivo en educación.

- 1- Repite lo que ya hacen otras herramientas.
- 2- Tiene pocas diferencias respecto a lo ya conocido.
- 3- Integra ideas poco comunes de forma competente.
- 4- Aporta enfoques o soluciones novedosas.
- 5- Propone un cambio claro en paradigma o metodología.

El **USO DE IA** evalúa cuán central, útil y efectivo es el uso de inteligencia artificial.

- 1- Usa IA solo como complemento superficial.
- 2- Automatiza tareas básicas sin adaptarse al contexto.
- 3- Usa IA con cierto grado de personalización o análisis útil.
- 4- La IA aporta decisiones, sugerencias o análisis contextualizados.
- 5- El corazón del sistema es una IA potente y bien integrada.

Finalmente, el **COSTO** evalúa la relación entre precio y valor ofrecido. Este factor tiene en cuenta el tamaño de la institución, ya que, a mayores presupuestos y alumnos, se pueden justificar algunos gastos extra por el beneficio final.

- 1- Sin justificación clara del valor.
- 2- Asequible solo para instituciones grandes.
- 3- Asequible solo para instituciones medianas y grandes.
- 4- Asequible para todo tipo de instituciones.
- 5- Gratuito.

Como verán, las opciones elegidas tienen características muy diferentes. No buscamos implicar que son las mejores en su área, sino sencillamente utilizarlas como ejemplo para abarcar la mayor cantidad de contextos posibles. Sumado a esto, la mayoría de las empresas de software educativo suelen ofrecer planes de pago personalizados según la institución, por lo que podría haber variaciones en el factor COSTO. Ahora sí, veamos los ejemplos.

Toddle

Toddle es una plataforma digital integral, diseñada por un grupo de educadores y tecnólogos en 2019, especializados en escuelas con programas de bachillerato internacional ¹⁸, aunque también poseen un modelo práctico para instituciones estándar. Con una funcionalidad similar al anterior software, Toddle actúa como un todo en uno para las instituciones educativas, permitiendo integrar múltiples herramientas de IA en una sola interfaz, ahorrando hasta 10 horas de trabajo docente por semana.



Uno de los aspectos más distintivos de Toddle, en contraposición con otras herramientas similares, es su integración nativa y profunda de inteligencia artificial. Utilizando como base la API de ChatGPT, la IA de Toddle no se limita a simples sugerencias automatizadas; interviene en procesos complejos como la planificación curricular, la generación de materiales, la calificación de tareas y la elaboración de informes personalizados. Por ejemplo, cuando un docente inicia el diseño de una unidad didáctica, puede contar con el "Curriculum Design Assistant", una herramienta de IA que sugiere objetivos, líneas de indagación, actividades diferenciadas y evaluaciones alineadas con el perfil del alumno y los enfoques del aprendizaje del IB.

Queremos hacer hincapié en que, para este fin, no se utilizan plantillas genéricas. La IA se encuentra debidamente entrenada con el contenido curricular de la institución, y las prácticas previas que ejecuten sus

¹⁸ Bachillerato Internacional (IB) es un modelo educativo global que ofrece programas académicos rigurosos y centrados en el estudiante, desde los 3 hasta los 19 años. Fue creado en 1968 en Suiza, y cuenta con cuatro planes principales: PYP (3-12 años), MYP (11-16 años), DP (16-19 años), CP (16-19 años).

docentes. Esto quiere decir que puede “automejorarse”, y así adaptarse mejor a las necesidades de los docentes que las utilizan.

En CERLI, hemos podido conocer esta funcionalidad de primera mano, gracias a las interacciones entre nuestra institución y la empresa en cuestión. Explorando sus funcionalidades, las cuales son muchas y muy variadas, hubo dos que nos resultaron especialmente interesantes. La primera de estas fue el sistema de portafolios digitales. Cada estudiante cuenta con un espacio donde puede subir archivos como imágenes, videos, grabaciones de voz, documentos, enlaces o entradas escritas. Estas evidencias pueden ser comentadas tanto por los docentes como por los propios estudiantes en procesos de autoevaluación o coevaluación, y pueden incorporarse directamente a los informes de progreso o a las sesiones de evaluación colegiada.

Aunque esto pueda parecer estándar en cualquier LMS, Toddle lo implementa de una forma considerablemente innovadora: su inclusión nativa en las calificaciones permite que los estudiantes, sus familias y la propia institución dispongan de evidencias sobre el trabajo realizado. La sencillez de la interfaz y el uso nativo de la IA, permiten que los estudiantes tengan una retroalimentación fiable y constante, mientras que el docente posee todas las herramientas para controlar los progresos, y garantizar que sus alumnos hacen uso correcto de las funcionalidades.

Y todo esto mientras que el centro mantiene una vía efectiva de comunicación entre todos los actores de la comunidad educativa, ya que los docentes pueden enviar mensajes a estudiantes, familias y equipos directivos. Esto es muy importante para involucrar a todos los actores en el proceso educativo del alumno, pudiendo incluir enlaces a tareas, documentos o evidencias del portafolio, lo que garantiza la coherencia entre lo que se enseña, lo que se evalúa y lo que se comunica.

Por otra parte, la segunda función que llamó nuestra atención (aunque esta vez con ciertas discrepancias), fue la posibilidad de un sistema de calificaciones que integra IA para generar boletines personalizados en cuestión de minutos. A partir de la información

recogida en las actividades, portafolios y rúbricas, la IA redacta textos adaptados a cada estudiante, citando evidencias específicas y proponiendo metas de mejora. Estos informes pueden configurarse según el formato institucional requerido, e incluir múltiples áreas, comentarios generales, niveles de logro y gráficos de progreso.

Si bien esto ayuda considerablemente a reducir la carga administrativa para el docente, también puede impulsar ciertos dilemas éticos que ya hemos mencionado en este informe. La evaluación formativa y sumativa, particularmente durante la redacción de boletines, no es un proceso meramente técnico ni replicable ya que conlleva una dimensión ética y contextual que solo el docente, en contacto cotidiano con el estudiante, puede comprender en detalle. El riesgo está en que el uso acrítico de estas herramientas acabe en una “despedagogización” del proceso evaluativo, donde la IA actúa más como sustituto que como asistente.

Esto puede presentarse en dos modalidades distintas, donde una sería la posibilidad de que el docente decidiera eliminar por completo su carga de evaluación, haciendo que las calificaciones no sean analizadas críticamente por su persona, y la otra sería que, para facilitar la creación de los boletines automáticos, el docente se limitara a proponer tareas de fácil acceso y evaluación para la IA, eliminando los beneficios de contar con herramientas tan interesantes e innovadoras.

Quizá podrías pensar que esto es lo mismo que ya ocurre actualmente, ya que un docente podría solicitarle a ChatGPT que redacte juicios y calificaciones automáticas. Sin embargo, esto es mucho más complejo. Para realizar dicha tarea, el docente debería pagar por la suscripción de ChatGPT Plus (ya que la versión gratuita lo limitaría en el volumen de alumnos), subir todos los documentos individualmente, darle el debido contexto e información a la IA, y asegurarse que el resultado considere este contexto en todo momento de la conversación. En cambio, una herramienta como Toddle lo deja todo servido en bandeja de plata; la IA ya tiene el contexto, ya posee toda la información y documentación en la base de datos, y conoce profundamente los criterios de evaluación que se utilizan.

En CERLI, creemos firmemente que se debe asegurar que el docente siga siendo el autor crítico de cada palabra que se comunica sobre el desarrollo de sus estudiantes. La tecnología puede asistir, pero no debe jamás reemplazar la mirada humana que es propia del acto educativo. No es un desafío imposible de solucionar, pero sí es un punto crítico sobre el que las instituciones interesadas deberán reflexionar, antes de decidirse a implementar una herramienta como esta.

Llegando finalmente al modelo de negocio, aquí es donde los costos pueden convertirse en un problema. Tenemos tres suscripciones principales: “**Planning Pro**”, “**Essentials**” y “**Ultimate**”. Las primeras dos actúan como LMS tradicionales, incluyendo ambas la planificación de unidades, clases, y analíticas de los estudiantes, y sumando en la versión Essentials la libreta de calificaciones, transcripciones automáticas, informes de progreso, plantillas de tareas, portafolios estudiantiles, control de asistencia y horarios, un sistema de anuncios para los administradores escolares, entre otros. Por lo tanto, el modelo Planning Pro nos resulta más una demostración técnica, mientras que el modelo Essentials cubre casi todo lo que se suele incluir en los LMS tradicionales (siendo algunos de estos completamente gratuitos).

Es únicamente en la versión Ultimate que encontramos la integración de IA, lo cual trae consigo todos los beneficios mencionados anteriormente. Esto complejiza la tarea de analizar su rentabilidad y su relación costo-beneficio, ya que únicamente clasificaría dentro de los intereses de este informe cuando se contrate el servicio en su versión Ultimate. También cabe recalcar que existen tarifas diferenciales entre un sistema para instituciones educativas tradicionales, y otras para aquellas dedicadas a los marcos curriculares de Bachillerato Internacional.

Como el precio total es personalizado, y sus estimaciones no están publicadas de forma oficial, no divulgaremos la información precisa con la que hemos elaborado las calificaciones. No obstante, aclaramos que

su puntuación en la sección “Costo” se refiere al total para una institución tradicional, considerando únicamente el plan Ultimate ¹⁹.

Finalizando entonces con nuestro resumen, estas serían nuestras calificaciones finales para Toddle:



¹⁹ Al trabajar con un estimado, es probable que los costos de la suscripción Ultimate no sean asequibles para instituciones medianas, aunque su calificación no refleje esto. Se decidió mantener la clasificación según el estimado, pero recomendamos utilizar los resultados como una guía, y consultar por precios concretos cuando se busque contratar el servicio.

Teachmate

Anteriormente, en este mismo informe, hablamos sobre los asistentes virtuales y sus poco probables usos en la educación. Sin embargo, también cerramos dicha sección diciendo:

«Por supuesto, una unión entre las estructuras LLM y los asistentes virtuales podría cambiar esto radicalmente, y pasar de ser puro entretenimiento hogareño, a una poderosa herramienta para las industrias.»

Esto es, en efecto, lo que propone el software que vamos a presentar a continuación. Teachmate AI es un asistente virtual educativo, orientado a docentes y personal directivo, y que, así como casi todos los LMS, ha sido creado específicamente para aliviar la carga administrativa del profesorado. Su funcionamiento se basa en técnicas sofisticadas de procesamiento del lenguaje natural, capaces de generar planes educativos alineados con currículos nacionales, redactar informes personalizados para cada estudiante, generar tareas adaptadas a diferentes niveles, y autocorregir preguntas estructuradas.



De forma similar a los LMS tradicionales, Teachmate AI ofrece generadores de documentos administrativos como políticas escolares, evaluaciones de riesgo o permisos, útiles para líderes y coordinadores. También incluye herramientas específicas para IEP (Planes Educativos Individualizados) y apoyo semiautomático en resúmenes, ajustes en clase, cartas para padres y sugerencias pedagógicas adaptadas según el perfil diagnóstico. Esto es el equivalente a tener un asistente virtual

contextualizado, el cual retiene el contexto particular de la institución, la información subida a la base de datos, y logra crear prompts de salida útiles para los docentes, los administradores, y las familias.

La interfaz es intuitiva, con autoguardado, modo oscuro y acceso rápido a herramientas más usadas, lo que, en la práctica docente, reduce considerablemente la curva de aprendizaje, implementando esta mejora prometida en los tiempos dedicados a la parte administrativa de la docencia. Además, según lo que se nos ha comentado, Teachmate AI trabaja en herramientas en fase beta importantes como un asistente de calificación para respuestas escritas, feedback personalizado alineado a rúbricas y un sistema de seguimiento de progreso que genere resúmenes longitudinales del desempeño estudiantil ²⁰.

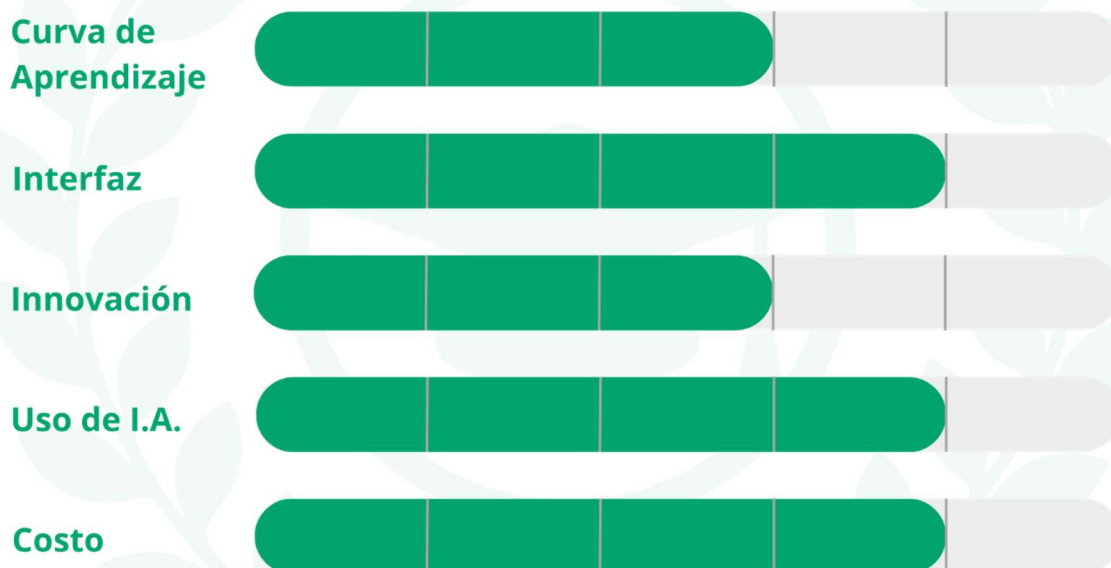
En cuanto al modelo de negocio, es quizá donde aparecerán las mayores desventajas, dependiendo particularmente de dónde nos encontremos. Partiendo por la base, debemos considerar que el software es lo que solemos denominar como “FREEMIUM”, es decir, gratuito con una versión de pago, y que, por lo general, incluye las funciones más útiles. No obstante, esto permite que los docentes puedan utilizar una versión gratuita del software para conocer sus funcionalidades y su interfaz, antes siquiera de contactar a la empresa para obtener una licencia.

A pesar de esto, es evidente que el centro que decida utilizar Teachmate AI, acabará irremediablemente teniendo que pagar por una suscripción. Entrando ya en este caso, debemos destacar que este LMS posee precios accesibles para la mayoría de los centros educativos pequeños, de aproximadamente entre tres y cuatro dólares por alumno al mes. En el caso de instituciones grandes, de más de cincuenta alumnos, el costo vuelve a nuestro estimado de entre dos y tres dólares por alumno, lo cual la vuelve una opción económica y de gran relación calidad-precio.

²⁰ Esto último, lejos de ser una ventaja, podría tener serias consecuencias éticas sobre su funcionamiento, así como vimos en el caso de Toddle.

La única desventaja que posee esta herramienta es que la funcionalidad de adaptarse nativamente al currículo local solo está disponible en determinados países. Estos son Inglaterra, Gales, Estados Unidos, Canadá, Australia, Nueva Zelanda, y la República de Irlanda. Por lo tanto, para el resto de Europa, América Latina y el Caribe, esto aún no es una realidad. De hecho, según lo que hemos podido conocer, no parece haber planes de expansión rápida hacia mercados hispanohablantes en esta funcionalidad en concreto.

Así, nuestras calificaciones finales para Teachmate AI son las siguientes:



ILIAS

ILIAS es un LMS de código abierto, creado originalmente en Alemania como parte del proyecto VIRTUS, en la Universidad de Colonia. Su primera versión se publicó el 2 de noviembre de 1998 y, debido a su aceptación temprana, se convirtió en software libre bajo licencia GNU GPL a partir del año 2000. Entre 2002 y 2004 evolucionó hacia ILIAS 3, y fue la primera plataforma de código abierto en alcanzar compatibilidad total con estándares como SCORM 1.2, y, posteriormente, SCORM 2004 ²¹.



En él, cada usuario posee su propio escritorio personal, desde donde puede acceder a cursos, calendario escolar, blogs, notas, portafolio, tareas, etc., mediante un funcionamiento muy similar a otros LMS de código abierto como Moodle. Sin embargo, si hay un aspecto en el que siempre se destacó por sobre los demás, fue en sus evaluaciones; ILIAS permite evaluar mediante tests, encuestas, bancos de preguntas, evaluaciones adaptativas y control de intentos con retroalimentación automática, compatibles con SCORM, IMS-QTI, LOM y AICC.

Sumado a esto, posee también módulos de gestión de competencias con autoevaluación y evaluación 360°, rutas de aprendizaje, autoría de contenidos con LaTeX y XHTML, generación de e-portfolios y soporte para trabajo colaborativo en documentos, haciendo este LMS algo completamente útil en casi todos los niveles educativos tradicionales.

²¹ **SCORM** es un estándar internacional para contenidos de aprendizaje digital, el cual fue creado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos. Su misión es garantizar que los contenidos educativos fueran fácilmente compartibles entre softwares LMS distintos, sin necesidad de volver a programarlos.

Algo que podría resultar contradictorio es que, de forma nativa, ILIAS no incluye funciones con IA. La razón por la que hemos decidido incluir un software sin características nativas es porque, al ser de código abierto y no exigir licencias de uso, no tendrá un costo asociado a suscripción, el cual se puede dedicar a contratar un equipo de expertos que desarrollen una versión de ILIAS, con una interfaz a medida, y con herramientas de integración de IA. Esto sería una alternativa económica a crear tu propio LMS, aunque las herramientas basadas en inteligencia artificial tendrían los costos y las limitaciones de utilizar la API de un LLM.

Tenemos un mínimo de tres modelos de negocio, los cuales podríamos evaluar individualmente y obtener resultados completamente distintos. Por lo tanto, hemos decidido dividir la calificación para esta herramienta en tres versiones distintas, dependiendo de qué vía decida aplicar cada institución.

Lo primero sería integrar este software de forma nativa, sin ningún tipo de herramientas, plugins, ni frontend personalizado ²². Esto, por supuesto, implica que la IA en el programa resultante no existiría, y solo serviría como un LMS tradicional.



²² Para quienes no estén familiarizados con estos términos, aquí los explicamos: el “frontend” es una interfaz que envía instrucciones mediante una API (hacia un servidor externo) o plugin (hacia una herramienta ya instalada en el propio sistema). De este modo, el frontend le informa al programa que realice ciertas tareas, como generar un texto o corregir un examen.

Si decidimos economizar al máximo, y no realizar un frontend separado que se comuniqué con ILIAS, sino solo reorganizar la interfaz tradicional, entonces podríamos reducir el costo de desarrollo y mantenimiento, así como el plazo de desarrollo, en más del 60%. No obstante, cabe recalcar que este ahorro elimina la simplicidad de la herramienta personalizada, haciendo que la curva de aprendizaje crezca considerablemente. También se puede conseguir un ahorro significativo utilizando herramientas de IA mediante plugins, aunque no serían tan funcionales como las de API.



Por último, tendríamos la opción más funcional pero costosa: diseñar un frontend completo, personalizado, y con herramientas de IA mediante API. Aquí tendríamos que considerar el costo del diseño, del equipo de mantenimiento, y de los tokens utilizados por la inteligencia artificial integrada. Sumado a todo esto, también debemos entrenarla con datos particulares de nuestras intenciones de uso e institución, lo cual demanda tiempo y conocimiento.

**Curva de
Aprendizaje**



Interfaz



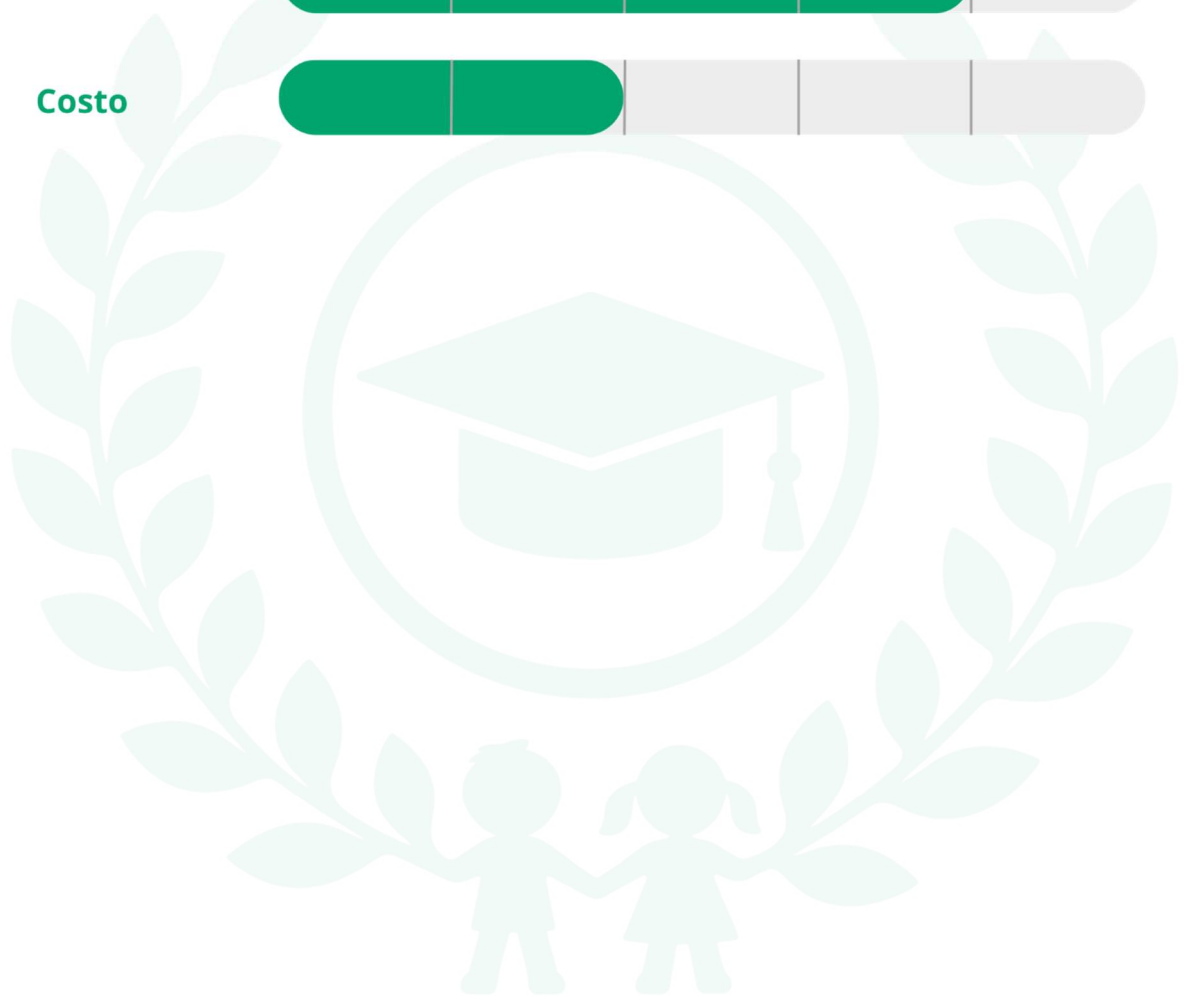
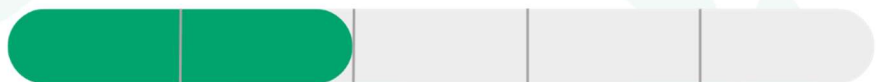
Innovación



Uso de I.A.



Costo



Epílogo

A lo largo de este informe hemos recorrido el pasado, el presente y los posibles futuros de la inteligencia artificial, entendiéndola no solo como un fenómeno tecnológico, sino también como un agente capaz de transformar profundamente la educación. Sus aplicaciones, especialmente dentro de las aulas, han sido objeto de debate académico durante años y, ante la velocidad de los avances actuales, ese debate adquiere una relevancia cada vez mayor.

Sin embargo, este informe no pretende cerrar esa discusión, sino contribuir a ampliarla. Hablar de inteligencia artificial en educación implica necesariamente preguntarnos cómo estas tecnologías pueden influir en nuestros valores, en el pensamiento crítico, en la ética personal y profesional, en la creatividad y, en última instancia, en nuestra manera de comprender el aprendizaje. Buena parte del potencial de la IA reside precisamente en la diversidad de sus aplicaciones y en su capacidad para incidir sobre algunos de los ámbitos más importantes de la vida humana. Dentro de ese escenario, la educación ocupa un lugar central: es allí donde las posibilidades tecnológicas pueden encontrarse con la experiencia del aprendizaje, el criterio pedagógico y la creatividad docente.

Esta transformación, sin embargo, no está exenta de riesgos. Incorporar inteligencia artificial al sistema educativo requiere mucho más que disponer de nuevas herramientas o manifestar la voluntad de utilizarlas. Exige formación, reflexión ética, criterios pedagógicos claros, mecanismos de evaluación y un compromiso institucional sostenido. Los centros educativos y los gobiernos tendrán una responsabilidad fundamental en la construcción de estos marcos y en la creación de condiciones que permitan aprovechar las oportunidades de la

tecnología sin perder de vista los principios que deben orientar cualquier proceso educativo.

Las decisiones que se adopten hoy contribuirán a definir las características del sistema educativo de las próximas décadas. De ellas dependerá que la inteligencia artificial se convierta en un instrumento para profundizar desigualdades existentes o, por el contrario, en una oportunidad para construir entornos educativos más inclusivos, creativos, accesibles y preparados para responder a los desafíos de una sociedad en permanente transformación.

Desde CERLI continuaremos acompañando este proceso junto a centros educativos, organizaciones humanitarias, gobiernos, docentes, estudiantes y comunidades. Entendemos que la inteligencia artificial no constituye por sí misma una solución a los problemas históricos de la educación, pero sí representa una oportunidad excepcional para volver a formular preguntas que durante demasiado tiempo hemos postergado.

Quizás, entonces, el verdadero desafío no sea determinar en qué medida puede la inteligencia artificial transformar la educación, sino decidir cuánto estamos dispuestos a transformar la educación a partir de las posibilidades, preguntas y responsabilidades que la inteligencia artificial ha puesto frente a nosotros.

Bibliografía

1. Abeliuk, A., & Gutiérrez, C. (2021). Historia y evolución de la inteligencia artificial. *Bits de Ciencia*, (21), 14–21
2. Álvarez Munárriz, L. (1994). *Fundamentos de inteligencia artificial*. EDITUM.
3. Baños, G. (2024). *El sueño de la inteligencia artificial: El proyecto de construir máquinas pensantes: Una historia de la IA*. Shackleton Books.
4. Bernal Parraga, A. P., Santin Castillo, A. P., Ordoñez Ruiz, I., Tayupanta Rocha, L. M., Reyes Ordoñez, J. P., Guzmán Quiña, M. de los A., & Nieto Lapo, A. P. (2024). La inteligencia artificial como proceso de enseñanza en la asignatura de estudios sociales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 4011–4030.
5. Bolaño-García, M., & Duarte-Acosta, N. (2024). Una revisión sistemática del uso de la inteligencia artificial en la educación. *Revista Colombiana de Cirugía*, 39, 51–63. <https://doi.org/10.30944/20117582.2365>
6. Caicedo-Basurto, R. L., Camacho-Medina, B. M., Quinga-Villa, C. A., Fonseca-Lombeida, A. F., & López-Freire, S. A. (2024). Análisis y beneficios de la educación en la era de la inteligencia artificial. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(4), 291–302. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n4/148>
7. Carr, N. (2008). Is Google making us stupid? What the Internet is doing to our brains. *The Atlantic*, 302(1), 56–63.
8. Carr, N. (2010). *The shallows: What the Internet is doing to our brains*. W. W. Norton & Company.
9. Cedeño Meza, J. G., Maitta Rosado, I. S., Vélez Zambrano, M. L., & Palomeque Zambrano, J. Y. (2024). Investigación universitaria con

inteligencia artificial. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(106), 817–830.
<https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.106.23>

10. Clark, A., & Chalmers, D. (1998). The extended mind. *Analysis*, 58(1), 7–19. doi:10.1093/analys/58.1.7.
11. Comisión Europea, Dirección General de Educación, Juventud, Deporte y Cultura. (2022). Directrices éticas sobre el uso de la inteligencia artificial (IA) y los datos en la educación y formación para los educadores. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. doi:10.2766/898.
12. Cortina Orts, A. (2019). Ética de la inteligencia artificial. *Anales de la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas*, 96, 379–394.
13. de Castro, N. J. C., Paes, F. T., de Almeida, R. M., de Sousa, L. B., Takolodjou, M. A., dos Santos Silva, M., & Batista, A. F. C. (2025). Tecnología educativa aplicada a la educación ambiental: Innovando para afrontar el cambio climático. *Cogitare Enfermagem*, 30, e97489es. <https://doi.org/10.1590/ce.v30i0.97489es>
14. Delgado de Frutos, N., Campo Carrasco, L., Sainz de la Maza, M., & Etxabe-Urbieta, J. M. (2024). Aplicación de la inteligencia artificial (IA) en educación: Los beneficios y limitaciones de la IA percibidos por el profesorado de educación primaria, educación secundaria y educación superior. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 27(1), 207–224. <https://doi.org/10.6018/reifop.577211>
15. Dolba, S. Q., Inoncillo, F. A., & Nunez, J. L. (2025). Evaluating the impact of AI-generated outputs on student assessment: Educator's perspective. *International Journal of Artificial Intelligence Research*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.29099/ijair.v9i1.1347>
16. Fernández Díaz, A., Madera Gómez, M., & Rodríguez Ramos, E. (2025). La inteligencia artificial en la primera infancia y preescolar; un acercamiento a los docentes: Artificial intelligence in early childhood and preschool: An approach to teachers. *Horizonte Pedagógico*, 14.
17. Flórez Rojas, M. L. (2023). Pensamiento de diseño y marcos éticos para la inteligencia artificial: Una mirada a la participación de las múltiples partes

interesadas. Desafíos, 35(1).
<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/desafios/a.12183>

- 18.** Franganillo, J. (2022). Contenido generado por inteligencia artificial: Oportunidades y amenazas. Anuario ThinkEPI, 16.
<https://doi.org/10.3145/thinkepi.2022.e16a24>
- 19.** Gallent-Torres, C., Arenas Romero, B., Vallespir Adillón, M., & Foltýnek, T. (2024). Inteligencia artificial en educación: Entre riesgos y potencialidades. Práxis Educativa, 19, 1–29.
<https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.19.23760.083>
- 20.** Galván Fernández, C. (2024). La inteligencia artificial desde la educabilidad. Digital Education Review, (45), 1–2.
- 21.** García-Peña, V. R., Mora-Marcillo, A. B., & Ávila-Ramírez, J. A. (2020). La inteligencia artificial en la educación. Dominio de las Ciencias, 6(3), 648–666. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1421>
- 22.** González-Fernández, C., Garrosa, E., & Blanco-Donoso, L. M. (2024). El efecto de la tecnología en el ámbito laboral: Consecuencias del tecnoestrés en la salud mental. Ansiedad y Estrés, 30(1), 40–48.
<https://doi.org/10.5093/anyes2024a6>
- 23.** González-González, C. S. (2023). El impacto de la inteligencia artificial en la educación: Transformación de la forma de enseñar y de aprender. Currículum. Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa, 36, 51–60. <https://doi.org/10.25145/j.qurricul.2023.36.03>
- 24.** Granda Dávila, M. F., Muncha Cofre, I. J., Guamanquispe Rosero, F. V., & Jácome Noroña, J. H. (2024). Inteligencia artificial: Ventajas y desventajas de su uso en el proceso de enseñanza aprendizaje. MENTOR Revista de Investigación Educativa y Deportiva, 3(7), 202–224.
<https://doi.org/10.56200/mried.v3i7.7081>
- 25.** Gros Salvat, B. (1992). La inteligencia artificial y su aplicación en la enseñanza. Comunicación, Lenguaje y Educación, (13), 73–80.
<https://doi.org/10.1080/02147033.1992.10821001>

- 26.** Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.
- 27.** Instituto de Educación de la Universidad ORT Uruguay (Ed.). (2015). Educación y tecnología en el Uruguay: Una mirada desde la investigación. Universidad ORT Uruguay.
- 28.** Jara, I., & Ochoa, J. M. (2020). Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación (Documento para discusión IDB-DP-00-776). Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0002380>
- 29.** Juca-Maldonado, F. (2023). El impacto de la inteligencia artificial en los trabajos académicos y de investigación. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 6(S1), 289–296. <https://doi.org/10.62452/8nww1k83>
- 30.** Liu, Z. (2005). Reading behavior in the digital environment: Changes in reading behavior over the past ten years. *Journal of Documentation*, 61(6), 700–712. doi:10.1108/00220410510632040.
- 31.** Llorens-Largo, F., Vidal, J., & García-Peñalvo, F. J. (2023, 8 de diciembre). Ya llegó, ya está aquí, y nadie puede esconderse: La inteligencia artificial generativa en educación. *Aula Magna 2.0*.
- 32.** Loáiciga Gutiérrez, J. L., Chanto Espinoza, C. L., & Chaves Jaén, C. (2024). La influencia de la inteligencia artificial en la creatividad y el pensamiento crítico en estudiantes universitarios. *Revista Social Fronteriza*, 4(5), e45485. doi:10.59814/resofro.2024.4(5)485.
- 33.** Mangen, A., Walgermo, B. R., & Brønnick, K. (2013). Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension. *International Journal of Educational Research*, 58, 61–68. doi:10.1016/j.ijer.2012.12.002.
- 34.** Marcos García, M. (2015). Diseño y control de un robot mediante interfaz cerebro-máquina usando la tecnología SSVEP [Proyecto fin de carrera, Universidad Autónoma de Madrid, Escuela Politécnica Superior].

- 35.** Martínez González, M. A. (2023). Uso responsable de la inteligencia artificial en estudiantes universitarios: Una mirada rectoria. *Revista Boletín Redipe*, 12(9), 172–178.
- 36.** Mendoza Vega, A. J., Guadamud Muñoz, J. D., Santana Castro, E. K., Chiriboga Palacios, I. A., & Vera Arias, M. J. (2024). Uso de las plataformas de inteligencia artificial en el contexto educativo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 10996–11009. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10412
- 37.** Monasterio Astobiza, A., Ausín, T., Toboso, M., Morte Ferrer, R., Aparicio Payá, M., & López, D. (2019). Traducir el pensamiento en acción: Interfaces cerebro-máquina y el problema ético de la agencia. *Revista de Bioética y Derecho*, (46), 29–46. <https://doi.org/10.1344/rbd2019.0.26862>
- 38.** Moreno Padilla, R. D. (2019). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 7(14), 260–270. <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.022>
- 39.** Morocho Cevallos, R. A., Cartuche Gualán, A. P., Tipan Llanos, A. M., Guevara Guevara, A. M., & Ríos Quiñónez, M. B. (2023). Integración de la inteligencia artificial en la educación. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 2032–2053. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8832
- 40.** Paguay-Simbaña, M. Y., Jiménez-Abad, D., Quiliguango-Lanchimba, V. F., Maynaguez-Canacuan, M. P., Coello-García, C. de los Ángeles, & Coello-Ortiz, S. M. (2024). La ética en el uso de la inteligencia artificial en los procesos educativos. *Revista Científica Retos de la Ciencia*, 1(4), 145–158. <https://doi.org/10.53877/rc.8.19e.202409.12>
- 41.** Peñaherrera Acurio, W. P., Cunuhay Cuchi, W. C., Nata Castro, D. J., & Moreira Zamora, L. E. (2022). Implementación de la inteligencia artificial (IA) como recurso educativo. *RECIMUNDO*, 6(2), 402–413. [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(2\).abr.2022.402-413](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(2).abr.2022.402-413)
- 42.** Perkins, M., Furze, L., Roe, J., & MacVaugh, J. (2024). The Artificial Intelligence Assessment Scale (AIAS): A framework for ethical integration

of generative AI in educational assessment. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 21(6). <https://doi.org/10.53761/q3azde36>

- 43.** Piedra Alegría, J. (2023). Anotaciones iniciales para una reflexión ética sobre la regulación de la inteligencia artificial en la Unión Europea. *Revista de Derecho*, (28), e3264. <https://doi.org/10.22235/rd28.3264>
- 44.** Ponce Gallegos, J. C., Torres Soto, A., Quezada Aguilera, F. S., Silva Sprock, A., Martínez Flor, E. U., Casali, A., Scheihing, E., Túpac Valdivia, Y. J., Torres Soto, M. D., Ornelas Zapata, F. J., Hernández A., J. A., Zavala D., C., Vakhnia, N., & Pedreño, O. (2014). *Inteligencia artificial. Iniciativa Latinoamericana de Libros de Texto Abiertos (LATIn)*.
- 45.** Puche-Villalobos, D. J. (2024). La inteligencia artificial y el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes universitarios. *Delectus*, 7(2), 59–67. <https://doi.org/10.36996/delectus.v7i2.242>
- 46.** Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- 47.** Sandoval-Almazán, R. (2011). Mentes en peligro: El daño de internet en nuestro cerebro. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 18(56), 241–248.
- 48.** Searle, J. R. (1980). Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences*, 3(3), 417–424. doi:10.1017/S0140525X00005756.
- 49.** Smart, P., Clowes, R., & Clark, A. (2025). ChatGPT, extended: Large language models and the extended mind. *Synthese*, 205, Article 242. <https://doi.org/10.1007/s11229-025-05046-y>
- 50.** Sosa de Wood, P. N., Jiménez Chaves, V. E., & Riego Esteche, A. P. (2024). El análisis de la percepción de los profesores respecto al uso de la inteligencia artificial. *Revista EDUCA UMCH*, (24), 66–77. <https://doi.org/10.35756/educaumch.202424.293>
- 51.** Tadimalla, S. Y., & Maher, M. L. (2024). AI literacy for all: Adjustable interdisciplinary socio-technical curriculum. En 2024 IEEE *Frontiers in*

Education Conference (FIE) (pp. 1–9). IEEE.
doi:10.1109/FIE61694.2024.10893159.

- 52.** Tamayo Arellano, V. R., Romero Acosta, Y. J., Zapata Romero, S. V., & Sánchez Macías, R. A. (2024). Integración de la inteligencia artificial en la enseñanza universitaria para optimizar el proceso de aprendizaje. *Magazine de las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación*, 9(2), 68–94. <https://doi.org/10.33262/rmc.v9i2.3104>
- 53.** Taramuel-Villacreces, J. A. (2025). El impacto de la inteligencia artificial en la creatividad y el desarrollo de habilidades cognitivas superiores en estudiantes universitarios. *ISTE SCIENTIST*, 4(1), 72–88.
- 54.** Tomalá De La Cruz, M. A., Mascaró Benites, E. M., Carrasco Cachinelli, C. G., & Aroni Caicedo, E. V. (2023). Incidencias de la inteligencia artificial en la educación. *RECIMUNDO*, 7(2), 238–251. [https://doi.org/10.26820/recimundo/7.\(2\).jun.2023.238-251](https://doi.org/10.26820/recimundo/7.(2).jun.2023.238-251)
- 55.** Trincado Alonso, F., López-Larraz, E., & Gil-Agudo, Á. (2015). Métricas de neuroplasticidad basadas en interfaces cerebro-máquina. *Cognitive Area Networks*, 2(1), 39–44.
- 56.** UNESCO. (2024). Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación. UNESCO.
- 57.** Valencia Tafur, A. T., & Figueroa Molina, R. E. (2023). Incidencia de la inteligencia artificial en la educación. *Educatio Siglo XXI*, 41(3), 235–264. <https://doi.org/10.6018/educatio.555681>
- 58.** Wolf, M. (2007). *Proust and the squid: The story and science of the reading brain*. HarperCollins.