

TRABAJO FIN DE MÁSTER



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

*Máster Universitario en Formación del Profesorado.
Especialidad de física y química.*

APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL A LA ENSEÑANZA EN FÍSICA Y QUÍMICA

Autor:

Ramiro Alonso Salinas

<https://youtu.be/TG3ucUkduc4>

Director:

Dr. Santiago López-Miranda González

Murcia, mes de mayo de 2023

TRABAJO FIN DE MÁSTER



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

*Máster Universitario en Formación del Profesorado.
Especialidad de física y química.*

APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL A LA ENSEÑANZA EN FÍSICA Y QUÍMICA

Autor:

Ramiro Alonso Salinas

Director:

Dr. Santiago López-Miranda González

Murcia, mes de mayo de 2023

ÍNDICE

1. JUSTIFICACIÓN	9
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Aplicaciones específicas en la enseñanza de Física y Química	12
2.1.1. Simulación de experimentos.....	12
2.1.2. Personalización del aprendizaje	13
2.1.3. Evaluación automática.....	13
2.1.4. Análisis de datos.....	13
2.1.5. Desafíos y consideraciones éticas.....	14
2.2. Revisión bibliográfica de Xu y Ouyang	15
2.3. Otras aplicaciones	20
3. OBJETIVOS	21
3.1. Objetivo General	21
3.2. Objetivos Específicos	21
4. METODOLOGÍA	21
4.1. Actividad 1: ¡He creado fuego! Descubriendo los cambios químicos ..	22
4.1.1. Objetivos.....	22
4.1.2. Bloques y contenidos.....	22
4.1.3. Contexto	23
4.1.4. Criterios de aprendizaje evaluables.....	23
4.1.5. Tiempo.....	24
4.1.6. Recursos	24
4.1.7. Competencias.....	25
4.1.8. Metodología	26
4.1.9. Descripción detallada de la actividad.....	27
4.2. Actividad 2: La energía a través de los tiempos: ¡Viajando por la evolución del conocimiento!	28

4.2.1. Objetivos.....	28
4.2.2. Bloques y contenidos.....	29
4.2.3. Contexto	29
4.2.4. Criterios de aprendizaje evaluables.....	29
4.2.5. Tiempo.....	31
4.2.6. Recursos	31
4.2.7. Competencias.....	31
4.2.8. Metodología	33
4.2.9. Descripción detallada de la actividad.....	34
5. EVALUACIÓN	36
6. REFLEXIÓN Y VALORACIÓN FINAL.....	38
7. REFERENCIAS	40

1. JUSTIFICACIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) se ha convertido en una tecnología cada vez más relevante en nuestra sociedad. Sus aplicaciones se extienden a multitud de campos, desde la salud y la seguridad hasta el entretenimiento y la educación. En este último ámbito, la IA ha abierto nuevas posibilidades para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, lo que ha llevado a una creciente cantidad de investigaciones sobre su aplicación en la educación. En particular, la enseñanza de Física y Química es fundamentales en la formación científica y técnica del alumnado y por tanto es un área donde la IA tiene mucho que ofrecer.

Durante el Practicum en la asignatura de Control Alimentario el Instituto de Formación Profesional San Antonio se observó que los profesores que tutorizaron la estancia tenían sus temarios actualizados y aplicados a las necesidades concretas del alumnado, llegando incluso a adaptar prácticas y ciertos anexos de los contenidos a los intereses de los estudiantes. Esto era tremendamente motivador para ellos. En concreto, estos docentes se dieron cuenta de que los alumnos estaban muy interesados en temas deportivos, por tanto adaptaron el contenido de las prácticas y ejemplos teóricos a dicho campo.

A pesar de ser algo muy positivo para los estudiantes, adaptar estos conocimientos año tras año es una tarea dura y que conlleva mucho tiempo de estudio y preparación. Esto puede hacer que muchos docentes dejen esta labor sin hacer durante 3-4 años y en algunos casos no se actualizan en décadas. Las consecuencias son claras: un alumnado poco motivado, ajeno a los últimos avances científicos y con mejor capacidad de retener conceptos complejos durante la asignatura.

La IA puede ser muy útil para numerosas tareas. Entre ellas destacan:

- Personalización del aprendizaje: la IA puede adaptar el ritmo y el nivel de dificultad del aprendizaje a las necesidades de cada grupo de alumnos. Como mencionaba anteriormente, se pueden adaptar contenidos a los intereses de estos.
- Evaluación automática: puede llegar a evaluar automáticamente las tareas y exámenes de los estudiantes, lo que reduce la carga

de trabajo de los profesores y mejora el seguimiento del progreso del alumno.

- Gamificación: los juegos educativos basados en inteligencia artificial pueden mejorar la motivación y el compromiso de los estudiantes, lo que aumenta la retención y la comprensión de los conceptos.
- Análisis de datos: los sistemas de inteligencia artificial pueden analizar grandes cantidades de datos de los estudiantes, lo que permite a los profesores identificar patrones de aprendizaje, detectar problemas y hacer ajustes para mejorar el rendimiento académico.
- Accesibilidad: los sistemas de inteligencia artificial pueden proporcionar herramientas de accesibilidad, como la transcripción de voz a texto, para los estudiantes con discapacidades, lo que mejora su experiencia de aprendizaje y su capacidad para participar en el aula.

Las IAs son además una buena fuente de inspiración para la elaboración de actividades interesantes para los alumnos sin perder el objetivo de aprendizaje. Un ejemplo de esto lo viví durante el Prácticum. Una de las labores que realicé con los docentes fue la actualización de las actividades prácticas que se iban a realizar el próximo trimestre. Modificar las prácticas para que sean atractivas para los estudiantes puede llegar a ser muy complejo y se necesita mucha originalidad para ello y por tanto hay momento en las que las ideas no fluyen. Para facilitar la tarea propuse que utilizásemos una herramienta de IA (ChatGPT) para que nos diese ideas de como orientar la práctica. Tras hacer las preguntas adecuadas, la aplicación nos sugirió varias modificaciones muy interesantes a introducir en dicha experiencia. El resultado fue fabuloso, a los alumnos les encantó, duró el tiempo exacto destinado a dicha actividad y les descubrí una herramienta muy útil a dichos docentes.

Mejorar el rendimiento del equipo docente es clave para evitar el llamado síndrome del quemazón que se define como una sensación de agotamiento físico y emocional, una actitud negativa hacia el trabajo y una disminución de la

eficacia en el desempeño de las tareas. Aplicar las herramientas novedosas que faciliten y motiven la labor es esencial.

En este trabajo se propone la aplicación de la IA a la enseñanza de asignaturas de Física y Química, con el objetivo de mejorar la comprensión y el aprendizaje de estos conceptos además de fomentar la motivación del alumnado y facilitar la tarea de actualización al profesorado. Para ello se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre la aplicación de la IA en la educación y en particular en la enseñanza de Física y Química. Esta revisión permitirá identificar las mejores prácticas y las aplicaciones más prometedoras de la IA en estas áreas.

A continuación, se llevará a cabo una fase de testeo de la IA y por tanto de su verificación como herramienta docente. Por último, se llevará a cabo el diseño de dos actividades creadas utilizando exclusivamente IA como ejemplo de dicha aplicación.

2. MARCO TEÓRICO

Con el desarrollo de la informática y las tecnologías computacionales, las tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) automáticas, adaptativas y eficientes se han aplicado ampliamente en diversos campos académicos. La Inteligencia Artificial en la Educación (IAEd), como campo interdisciplinario, enfatiza la aplicación de la IA para ayudar en el proceso de enseñanza del instructor, potenciar el proceso de aprendizaje del estudiante y promover la transformación del sistema educativo. En general, se han implementado diferentes tecnologías de IA (por ejemplo, aprendizaje automático, aprendizaje profundo) en el campo de la educación para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje (Xu & Ouyang, 2022b).

El desarrollo de la IAEd también ha llevado a transformaciones en el campo de la educación en Física y Química. La educación en Física y Química tiene como objetivo mejorar la indagación y aplicación del conocimiento interdisciplinario de los estudiantes, así como su capacidad de pensamiento crítico y resolución de problemas (Xu & Ouyang, 2022b). La aplicación de la IA

en la docencia de Física y Química tiene ventajas para proporcionar ambientes o recursos de aprendizaje adaptativos y personalizados, ayudar a los instructores a comprender los patrones de comportamiento y aprendizaje de los estudiantes y evaluar automáticamente el desempeño de dicho aprendizaje. Sin embargo, las asignaturas de Física y Química son complejas y requieren una cuidadosa consideración de los factores sociales, pedagógicos y ambientales, en lugar de simplemente aplicar tecnologías de IA en la educación (Chen et al., 2020).

Un desafío importante de la IA aplicada a Física y Química es cómo seleccionar y aplicar apropiadamente técnicas de IA para adaptarse a los múltiples elementos (sujetos, información, ambiente...) en la educación con el objetivo de una instrucción y aprendizaje de alta calidad. Para comprender de manera completa la integración de las tecnologías de IA en los contextos de educación en Física y Química, es crucial revisar y examinar sistemáticamente los elementos complejos de la IA aplicada a este campo desde una perspectiva del sistema (Holmes et al., 2019).

2.1. Aplicaciones específicas en la enseñanza de Física y Química

La aplicación de la IA en la enseñanza de asignaturas de Física y Química puede tener varias aplicaciones específicas. Algunas de las aplicaciones específicas incluyen la simulación de experimentos, la personalización del aprendizaje, la evaluación automática y el análisis de datos.

2.1.1. Simulación de experimentos

La simulación de experimentos permite a los estudiantes experimentar con conceptos de asignaturas de Física y Química en un entorno seguro y controlado. Los estudiantes pueden interactuar con modelos virtuales de experimentos y observar los resultados en tiempo real, lo que les permite comprender mejor los conceptos detrás de los experimentos y experimentar con diferentes variables sin los riesgos asociados con los experimentos físicos (Lee & Perret, 2022).

La simulación de experimentos también es una herramienta útil para los profesores, ya que les permite crear y modificar experimentos en función de las necesidades específicas de los estudiantes (Chiu, 2021). Los profesores pueden usar la simulación de experimentos para crear escenarios hipotéticos, modificar parámetros y controlar variables, lo que les permite hacer ajustes en tiempo real y mejorar el proceso de aprendizaje.

2.1.2. Personalización del aprendizaje

La personalización del aprendizaje es otra aplicación importante de la IA en la enseñanza de Física y Química. Los sistemas de IA pueden recopilar datos sobre el rendimiento y las preferencias de los estudiantes y utilizar esta información para crear planes de aprendizaje personalizados. Estos pueden incluir actividades de enseñanza y aprendizaje adaptadas a las habilidades y preferencias individuales de cada estudiante, lo que puede mejorar la retención de la información y la motivación para aprender (Cantu-Ortiz et al., 2020).

2.1.3. Evaluación automática

Los sistemas de IA pueden evaluar el rendimiento de los estudiantes a través de pruebas de opción múltiple, preguntas abiertas y proyectos. Los sistemas de IA también pueden analizar el rendimiento de los estudiantes en tiempo real, lo que permite a los profesores hacer ajustes en tiempo real y adaptar la enseñanza a las necesidades individuales de cada estudiante (Xu & Ouyang, 2022b).

2.1.4. Análisis de datos

La IA pueden recopilar y analizar grandes cantidades de datos sobre el rendimiento y las preferencias de los estudiantes, lo que puede proporcionar información valiosa sobre los patrones de aprendizaje y las áreas de mejora. Los profesores pueden utilizar esta información para adaptar la enseñanza a las necesidades individuales de cada estudiante y mejorar el proceso de aprendizaje en general (Chiu, 2021).

La IA también puede ayudar a los profesores a identificar patrones de comportamiento que pueden afectar el rendimiento de los estudiantes, como la

procrastinación y la falta de motivación (Hyun S. Lee & Lee, 2021). Los sistemas de IA pueden analizar el comportamiento de los estudiantes, incluyendo el tiempo que pasan en tareas específicas y la cantidad de tiempo que dedican a la tarea en general, lo que puede ayudar a los profesores a identificar patrones problemáticos y tomar medidas para mejorar el rendimiento de los estudiantes.

2.1.5. Desafíos y consideraciones éticas

Aunque la IA puede tener muchas aplicaciones valiosas en la enseñanza de asignaturas de Física y Química, también presenta varios desafíos y consideraciones éticas que deben abordarse.

Uno de los principales desafíos es la privacidad de los datos de los estudiantes. Los sistemas de IA recopilan grandes cantidades de datos sobre el rendimiento y las preferencias de los estudiantes, y es importante asegurarse de que estos datos estén protegidos y se utilicen de manera ética. Los sistemas de IA también deben ser transparentes sobre cómo se recopilan y utilizan los datos de los estudiantes, y los estudiantes deben tener la opción de optar por no participar en la recopilación de datos si lo desean (Zanetti et al., 2020).

Otro desafío importante es la necesidad de garantizar que la IA no reemplace por completo a los profesores. Si bien la IA puede ser una herramienta valiosa para mejorar el proceso de aprendizaje, no puede reemplazar la experiencia y la comprensión de los profesores. Los profesores deben seguir desempeñando un papel activo en la enseñanza y la evaluación de los estudiantes, y deben utilizar la IA como una herramienta complementaria para mejorar el proceso de aprendizaje. Aunque a la luz de las últimas revisiones bibliográficas (Clark, 2023; Xu & Ouyang, 2022b), el papel del docente es insustituible ya que la aplicación de esta tecnología depende del mismo. También, la IA no es capaz de elaborar materiales perfectos, siempre necesitan la supervisión del instructor (Holmes et al., 2023).

En cuanto a la ética del empleo de la IA, García-Peñalvo (2023) señala que el tema más controvertido no está en la bondad de sus respuestas, sino en si se convertirá en la herramienta utilizada por quien necesite escribir un texto para hacerlo sin el esfuerzo humano necesario y, por tanto, sin adquirir aquellas

competencias para las que fue diseñada la tarea intelectual. Esto no es nuevo, siempre que surge la evaluación de conocimientos o competencias mediada la tecnología aparece las dudas sobre el aprendizaje auténtico de quien acomete la tarea, como ya sufrió en la pandemia de la COVID-19 (Francisco José García-Peñalvo et al., 2020; Grande-de-Prado et al., 2021).

Quizás el problema no esté en la herramienta en sí, sino en la esencia de ciertas tareas educativas que pueden haber quedado obsoletas en la mayor parte de las ocasiones que se emplean, lo que invita a abrir un incómodo debate sobre un posible cambio del papel que debe jugar el profesorado en esta nueva ecología de aprendizaje tan marcada por contextos de pensamiento complejo (Ramírez-Montoya et al., 2022) y de Educación 4.0 (Fidalgo-Blanco et al., 2022; Sein-Echaluce et al., 2022).

Tampoco es que este tipo de actividades hayan quedado obsoletas por el simple hecho de que las tecnologías generativas de texto hayan hecho su irrupción en escena, con las suficientes prestaciones como para complicar la detección de si un texto es de autoría de una persona o de un software inteligente; quedaron obsoletas en el momento que se tiene acceso a fuentes de información abiertas desde las que cualquiera puede copiar y pegar sin el suficiente contraste de lo que selecciona, sin el análisis crítico de lo que se ha decidido captar de una determinada fuente y sin la atribución adecuada las fuentes originales. Es decir, el problema es esencialmente el que ya se tiene con este tipo de tareas cambiando la IA por otro tipo de fuentes, por ejemplo, Wikipedia.

2.2. Revisión bibliográfica de Xu y Ouyang

Xu & Ouyang, 2022, en su excelente artículo de revisión titulado “La aplicación de las tecnologías de IA en la educación STEM: una revisión sistemática de 2011 a 2021” analizaron la aplicación de la IA en asignaturas STEM, entre las que se encuentra Física y Química. Estos autores plantearon las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los tipos de IA que se aplican en el sistema AI-STEM?

2. ¿Cuáles son las tendencias de aplicación de los medios del sistema educativo (es decir, información, materia, medio ambiente...) y la distribución de la IA en estos elementos?
3. ¿Cuáles son los efectos de la IA en la educación STEM?

Respondiendo a la primera pregunta, dichos autores encontraron una tendencia gradualmente creciente de las aplicaciones de IA en la educación STEM en la última década. Xu y Ouyang categorizan seis tipos diferentes de categorías de aplicación de IA en asignaturas STEM:

- Predicción del aprendizaje: este concepto se refiere a la capacidad de los sistemas de IA para predecir el rendimiento y el progreso de los estudiantes en una asignatura determinada. La predicción del aprendizaje se basa en el análisis de datos históricos y en la utilización de algoritmos para identificar patrones y tendencias que permitan prever el éxito o el fracaso de los estudiantes.
- Sistema de tutorizado inteligente: se trata de un sistema de IA que ofrece tutoría y retroalimentación personalizada a los estudiantes. Este sistema utiliza algoritmos de aprendizaje automático para adaptarse a las necesidades y preferencias de cada estudiante, ofreciendo actividades y materiales de aprendizaje adecuados a su nivel y estilo de aprendizaje.
- Detección del comportamiento del estudiante: se refiere a la capacidad de los sistemas de IA para analizar y medir el comportamiento de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje.
- Automatización de la enseñanza: se refiere al uso de sistemas de la IA para automatizar tareas y procesos relacionados con la creación de materiales de aprendizaje o la evaluación de los estudiantes .

- Robots educativos: son sistemas basados en IA que apoyan y mejoran el aprendizaje de los estudiantes. Estos robots pueden ser programados para realizar una amplia variedad de tareas, como la enseñanza de habilidades específicas, la resolución de problemas y la exploración de conceptos científicos y matemáticos de manera interactiva y lúdica.
- Otros (es decir, libro de texto de IA, formación de grupos...).

En cuanto a la segunda pregunta, los autores separaron la respuesta (en base a los estudios analizados) en los siguientes apartados:

- Encontraron que todas las categorías de técnicas de IA, especialmente la detección del comportamiento del estudiante, los sistemas de tutorizado inteligente y la predicción del aprendizaje, se aplicaron con frecuencia en los contenidos de aprendizaje de asignaturas STEM.
- Los docentes generalmente utilizaron la estrategia de la enseñanza magistral con más frecuencia, seguida del aprendizaje basado en problemas. La automatización se aplicó solo en el modo de instrucción magistral y los robots educativos se aplicaron con más frecuencia en el modo de aprendizaje basado en problemas.
- La mayoría de las técnicas de IA (excepto los robots educativos) se aplicaron en la educación superior (bachiller o FP superiores). La IA más utilizada en este ámbito fueron la predicción del aprendizaje y los sistemas de tutorizado inteligente.
- El recurso del sistema informático (ordenadores) fue el medio más utilizado para transmitir el conocimiento, mientras que los recursos en papel, el teléfono móvil y el libro electrónico rara vez se utilizaron.

- Se utilizó principalmente el entorno cara a cara para apoyar todas las categorías de aplicaciones de IA, y el entorno basado en web se utilizó con más frecuencia con el apoyo de sistemas de tutorizado inteligente.

Respecto a la tercera pregunta sobre los efectos de la IA en la enseñanza de asignaturas STEM, la revisión de Xu y Ouyang divide los efectos educativos y tecnológicos.

- Efectos educativos: desde la perspectiva educativa, los resultados mostraron que la mayoría de las aplicaciones de IA tuvieron efectos positivos en el rendimiento académico de los estudiantes. Sin embargo, también se encontraron mejoras insignificantes en los resultados del aprendizaje en dos estudios empíricos. Además, la mayoría de los estudiantes tenían actitudes positivas hacia el uso de la tecnología de IA en la educación STEM, y las tecnologías de IA despertaron su interés y motivación. En otras palabras, las aplicaciones de IA son beneficiosas para fomentar el aprendizaje activo de los estudiantes en la educación STEM. Además, las aplicaciones de técnicas de IA también contribuyeron al desarrollo del pensamiento de orden superior de los estudiantes, como el pensamiento computacional y la capacidad de resolución de problemas. Además, las técnicas de IA presentaron un gran potencial para ayudar a los instructores a detectar patrones y comportamientos de aprendizaje de los estudiantes en la educación STEM.
- Efectos tecnológicos: desde la perspectiva tecnológica, los artículos revisados informaron principalmente una buena eficiencia y precisión del algoritmo al aplicar IA en la educación STEM. En concreto los métodos de aprendizaje automático de conjunto, funcionaron bien en la predicción del aprendizaje, la automatización y la recomendación personalizada.

Estos autores también analizaron las implicaciones educativas y tecnológicas de la aplicación de IA a la enseñanza en asignaturas STEM:

- Implicaciones educativas

La IA tiene el potencial de transformar las relaciones entre el docente y el alumno en la educación STEM. Sin embargo, Xu y Ouyang encontraron que el modo de enseñanza centrado en el docente (clase magistral) era la estrategia de enseñanza más utilizada en los estudios de IA-STEM, mientras que otras estrategias de enseñanza centradas en el estudiante aparecían con poca frecuencia. Una de las razones se centra en la complejidad de integrar la tecnología y la pedagogía en las asignaturas STEM.

Además, otra pregunta crítica que se plantearon los autores es: ¿es la IA capaz de reemplazar al docente en la enseñanza STEM? En esta revisión, se encontró que el papel del profesor seguía siendo insustituible, ya que la participación del mismo era principal en la mayoría de las investigaciones de IA-STEM.

- Implicaciones tecnológicas

Aunque la IA tiene el potencial de mejorar la instrucción y el aprendizaje en educación STEM (Chen et al., 2020; Holmes et al., 2019), el desarrollo de IA-STEM requiere una mejor adaptación entre las tecnologías de IA y elementos del sistema en educación STEM. En primer lugar, en lo que respecta a las relaciones entre la IA y el elemento de información, los resultados mostraron que la mayoría de las aplicaciones de IA se utilizaron en contenidos de aprendizaje de ciencias y tecnología, y que los robots educativos y la automatización no se aplicaron en contenidos de aprendizaje de ingeniería y matemáticas. Dado que la educación STEM contiene conocimientos interdisciplinarios y contenidos de aprendizaje de diferentes materias, la IA suele estar restringida a contenidos o cursos de aprendizaje específicos (Douce et al., 2005). Por lo tanto, una de las direcciones futuras es ampliar los conocimientos y accesibilidad de las técnicas de IA en diferentes materias STEM. En segundo lugar, el rango de aplicaciones de IA se ubicó principalmente en Bachillerato y cursos de Formación Profesional superiores, mientras que pocas técnicas de IA se aplicaron en otros niveles

educativos, especialmente en la educación infantil. En cierta medida, debido a su complejidad para estudiantes más jóvenes. Por lo tanto, se pueden diseñar y desarrollar algunas técnicas interactivas de IA, como robots sociales y juegos, para apoyar el aprendizaje STEM de los niños pequeños (Belpaeme et al., 2018; Zapata-Cáceres & Martín-Barroso, 2021). Por lo tanto, la facilidad de uso también es una de las consideraciones importantes en el futuro desarrollo de tecnologías de IA (Xu & Ouyang, 2022a). En tercer lugar, la mayoría de la investigación de IA-STEM se realizó a través de medios y contextos tradicionales. Una dirección futura es crear un entorno de aprendizaje STEM con IA mediante la combinación de medios educativos avanzados (por ejemplo, libro electrónico), con el fin de representar y transmitir mejor el conocimiento (Mystakidis et al., 2022).

Por último Xu & Ouyang, 2022b, concluyeron que la aplicación de la tecnología de IA en la educación STEM es una tendencia emergente que enfrenta el desafío de integrar diversas técnicas de IA en el complejo sistema educativo STEM.

2.3. Otras aplicaciones

En la cuenta de Twitter @RafaelCopy se publicó el 12 de mayo de 2023 un hilo de algunas formas de utilizar una IA, en concreto el ChatGPT mediante diferentes *prompts* o mandatos muy útiles para docentes o alumnos. No se pondrán aquí cada uno de los *prompts* ya que no es el objetivo del presente trabajo, pero los usos en los que se emplean si pueden ser muy ilustrativos:

1. Mejorar la escritura de textos y eliminación de errores ortográficos o gramaticales.
2. Mejorar la comprensión de textos complejos con el principio 80/20, es decir, identificar el 20 % del aprendizaje más importante sobre un tema para ayudar a entender el 80 % de este.
3. Aprender y desarrollar cualquier habilidad en 30 días desde 0. Esta IA puede diseñar un plan de aprendizaje efectivo.

4. Obtener comentarios de las mentes más grandes de la historia. Por ejemplo, se le diría: supongamos que eres Ortega y Gasset. Lee mi argumento a continuación y dame comentarios como si fueras Ortega y Gasset. La respuesta de esta IA estaría basada en los textos de dicho autor.
5. Refuerza tu aprendizaje poniéndote a prueba. Por ejemplo, se le diría: actualmente estoy aprendiendo sobre electroquímica. Hazme una serie de preguntas que pondrán a prueba mis conocimientos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Analizar el empleo de la inteligencia artificial como herramienta en la docencia de Física y Química.

3.2. Objetivos Específicos

- Revisar la bibliografía para establecer las aplicaciones de la inteligencia artificial en Física y Química.
- Determinar si es posible planear de forma completa una actividad docente exclusivamente empleando inteligencia artificial
- Proponer dos actividades para la asignatura de Física y Química realizadas con inteligencia artificial como muestra del empleo de esta herramienta en la enseñanza secundaria.

4. METODOLOGÍA

Con el objetivo de ejemplificar el empleo de IA en la enseñanza de Física y Química se procede a plantear la elaboración de 2 actividades docentes utilizando exclusivamente IA. Las actividades son las siguientes:

- ¡He creado fuego! Descubriendo los cambios químicos.
- ¿Cómo se “creó” la Ciencia?

4.1. Actividad 1: ¡He creado fuego! Descubriendo los cambios químicos

4.1.1. *Objetivos*

Los objetivos de aprendizaje con los que se desarrolla la actividad son los siguientes:

- Comprender el concepto de cambio químico y su importancia histórica.
- Identificar las condiciones necesarias para que se produzca el cambio químico.
- Desarrollar las habilidades de síntesis de conceptos, buen juicio para saber si son correctas las respuestas de la IA y el manejo y la familiarización con dichas AIs.
- Desarrollar habilidades para la resolución de problemas y la investigación.
- Fomentar el trabajo en equipo y la colaboración.

4.1.2. *Bloques y contenidos*

El bloque en el que se englobaría esta actividad es el saber básico E del Real Decreto 217/2022 del 29 de marzo por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria (Boletín Oficial del Estado, 2022) titulado: El cambio. En concreto se tratará el contenido 2 y 4:

- Interpretación macroscópica y microscópica de las reacciones químicas: explicación de las relaciones de la química con el medio ambiente, la tecnología y la sociedad.
- Factores que afectan a las reacciones químicas: predicción cualitativa de la evolución de las reacciones, entendiendo su importancia en la resolución de problemas actuales por parte de la ciencia.

4.1.3. Contexto

La actividad está orientada para un grupo de 25 alumnos de 2º curso de Educación Secundaria Obligatoria de un nivel socioeconómico medio-alto.

4.1.4. Criterios de aprendizaje evaluables

Los criterios de evaluación seguidos a la hora de evaluar la actividad siguen las siguientes competencias específicas publicadas en el Real Decreto 217/2022:

- Competencia específica 1.
 - Identificar, comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos cotidianos más relevantes a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos, de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.
 - Resolver los problemas fisicoquímicos planteados utilizando las leyes y teorías científicas adecuadas, razonando los procedimientos utilizados para encontrar las soluciones y expresando adecuadamente los resultados.
 - Reconocer y describir en el entorno inmediato situaciones problemáticas reales de índole científica y emprender iniciativas en las que la ciencia, y en particular la física y la química, pueden contribuir a su solución, analizando críticamente su impacto en la sociedad.

- Competencia específica 5.
 - Establecer interacciones constructivas y coeducativas, emprendiendo actividades de cooperación como forma de construir un medio de trabajo eficiente en la ciencia.
 - Empezar, de forma guiada y de acuerdo a la metodología adecuada, proyectos científicos que involucren al alumnado en la mejora de la sociedad y que creen valor para el individuo y para la comunidad.

- Competencia específica 6.
 - Reconocer y valorar, a través del análisis histórico de los avances científicos logrados por hombres y mujeres de ciencia, que la ciencia es un proceso en permanente construcción y que existen repercusiones mutuas de la ciencia actual con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente.
 - Detectar en el entorno las necesidades tecnológicas, ambientales, económicas y sociales más importantes que demanda la sociedad, entendiendo la capacidad de la ciencia para darles solución sostenible a través de la implicación de todos los ciudadanos

4.1.5. *Tiempo*

El tiempo requerido para la realización de esta actividad es de 5 sesiones de 55 minutos de duración cada una divididas de la siguiente forma:

- Sesión 1: introducción y presentación de la actividad.
- Sesión 2 y 3: investigación, resolución del problema y trabajo en equipo.
- Sesión 4: presentación.
- Sesión 5: discusión y evaluación.

4.1.6. *Recursos*

Los recursos necesarios serán los siguientes:

- Libros de texto o materiales de consulta sobre los cambios químicos y su historia.
- Acceso a Internet y ordenadores, tablets o móviles.
- Pizarra y tizas.
- Material para realizar los experimentos y demostraciones como ramas secas, piedras u hojas secas.

- Papel y lápices para los alumnos.

4.1.7. *Competencias*

Las competencias claves sobre las que trata esta actividad aparecen en el Real Decreto 217/2022 del 29 de marzo por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria (Boletín Oficial del Estado, 2022) y son las siguientes:

- Comprender y relacionar los motivos por los que ocurren los principales fenómenos fisicoquímicos del entorno, explicándolos en términos de las leyes y teorías científicas adecuadas, para resolver problemas con el fin de aplicarlas para mejorar la realidad cercana y la calidad de vida humana.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL1, STEM1, STEM2, STEM4, CPSAA4.

- Expresar las observaciones realizadas por el alumnado en forma de preguntas, formulando hipótesis para explicarlas y demostrando dichas hipótesis a través de la experimentación científica, la indagación y la búsqueda de evidencias, para desarrollar los razonamientos propios del pensamiento científico y mejorar las destrezas en el uso de las metodologías científicas.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL1, CCL3, STEM1, STEM2, CD1, CPSAA4, CE1, CCEC3.

- Utilizar de forma crítica, eficiente y segura plataformas digitales y recursos variados, tanto para el trabajo individual como en equipo, para fomentar la creatividad, el desarrollo personal y el aprendizaje individual y social, mediante la consulta de información, la creación de materiales y la comunicación efectiva en los diferentes entornos de aprendizaje.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL2, CCL3, STEM4, CD1, CD2, CPSAA3, CE3, CCEC4.

- Utilizar las estrategias propias del trabajo colaborativo, potenciando el crecimiento entre iguales como base emprendedora de una comunidad científica crítica, ética y eficiente, para comprender la importancia de la ciencia en la mejora de la sociedad, las aplicaciones y repercusiones de los avances científicos, la preservación de la salud y la conservación sostenible del medio ambiente.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL5, CP3, STEM3, STEM5, CD3, CPSAA3, CC3, CE2.

4.1.8. Metodología

La metodología aplicada es aprendizaje centrado en la resolución de problemas empleando IA de forma cooperativa, formando grupos reducidos de 3 o 4 alumnos. Los objetivos de esta metodología serían los siguientes:

- Desarrollar habilidades de pensamiento crítico, síntesis de conceptos y resolución de problemas empleando IA.
- Aplicar conceptos y principios de Física y Química para resolver problemas prácticos.
- Fomentar el trabajo en equipo y la colaboración.
- Mejorar la capacidad de comunicación y presentación de los estudiantes.

Este proyecto centrado en la resolución de problemas mediante IA ofrece a los estudiantes la oportunidad de aplicar los conceptos y principios de la física y la química para resolver problemas prácticos. Además, fomenta la capacidad de síntesis (para hacer las preguntas correctas a la IA), el buen juicio, el trabajo en equipo, la creatividad y el pensamiento crítico. Los estudiantes también mejoran sus habilidades de comunicación y presentación al compartir sus resultados con sus compañeros. Este tipo de aprendizaje es más activo e involucra a los estudiantes en el proceso de aprendizaje empleando herramientas actuales como las IAs, lo que aumenta su motivación y compromiso. Al final del proyecto, los estudiantes tendrán una comprensión más

profunda de los conceptos y principios de la física y la química, así como una mejor capacidad para aplicarlos en situaciones prácticas.

4.1.9. Descripción detallada de la actividad

La actividad se centra en enseñar los procesos que llevan a la producción de fuego y los avances que este ha supuesto para la sociedad empleando la IA en formato ChatGPT como motor de búsqueda de información. En primer lugar, el docente introducirá el tema del cambio químico y su importancia histórica ya sea en la misma sesión inicial o en otra previa. Se hablará de los diferentes cambios químicos que se han producido a lo largo de la historia, y se enfocará en el descubrimiento del fuego como uno de los más relevantes. Se explicará cómo el fuego ha sido utilizado por el ser humano para cocinar, calentarse y para diferentes actividades industriales. La actividad estará dividida en 4 partes bien diferenciadas



1. Presentación del problema: el docente planteará el siguiente problema a los estudiantes tras la introducción: "Se necesita producir fuego para cocinar, pero no se cuenta con cerillas ni encendedores. ¿Cómo se podría producir fuego a partir de materiales naturales? ¿Qué procesos físicos o químicos dan lugar al fuego?" (sesión 1).
2. Investigación, resolución del problema y trabajo en equipo: se dividirá la clase en grupos de 3 o 4 alumnos los cuales deberán hacer las preguntas adecuadas al ChatGPT sobre cómo resolver el problema y corregir o completar la información dada por el mismo para dar explicación al fenómeno. Los alumnos se deben centrar en un único método por el cual producir fuego y desarrollarlo. (sesiones 2 y 3).
3. Presentación: los alumnos deben diseñar una demostración sencilla, siempre bajo supervisión del docente, mostrando a la clase su método de producción de fuego y explicando los cambios químicos y físicos producidos. Para ello el docente proporcionará a cada grupo los materiales necesarios para llevar a cabo su demostración. (sesión 4).

4. **Discusión y evaluación:** se discutirán las diferentes estrategias utilizadas, se analizarán las similitudes y diferencias entre ellas, y se evaluarán las ventajas y desventajas de cada una. El docente guiará esta discusión y aclarará las dudas que surjan. Se realizará una reflexión individual y grupal sobre la actividad. Posteriormente se preguntará a los estudiantes sobre su experiencia resolviendo el problema, que les pareció el empleo de las IAs propuestas, qué aprendieron, qué dificultades encontraron y cómo las superaron, qué habilidades y conocimientos adquirieron, etc. Esta reflexión permitirá evaluar el grado de comprensión del tema y la efectividad de la metodología utilizada. La evaluación se realizará comprobando la adquisición de las competencias detalladas en el apartado 1.1.5. Criterios de aprendizaje evaluables, también se evaluará la participación activa en la discusión a nivel grupal e individual, la resolución del problema de forma clara y lógica y el uso adecuado de la información histórica y científica (sesión 5).

4.2. Actividad 2: La energía a través de los tiempos: ¡Viajando por la evolución del conocimiento!

4.2.1. Objetivos

Los objetivos de aprendizaje con los que se desarrolla la actividad son los siguientes:

- Comprender la evolución del conocimiento sobre la energía a lo largo de la historia.
- Analizar cómo diferentes pensadores y científicos contribuyeron al desarrollo del conocimiento sobre la energía.
- Identificar los diferentes tipos de energía y sus propiedades características.
- Desarrollar las habilidades de síntesis de conceptos, buen juicio para saber si son correctas las respuestas de la IA y el manejo y la familiarización con dichas AIs.

- Desarrollar habilidades de investigación, colaboración y presentación de proyectos.

4.2.2. *Bloques y contenidos*

El bloque en el que se englobaría esta actividad es el saber básico C del Real Decreto 217/2022 del 29 de marzo por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria (Boletín Oficial del Estado, 2022) titulado: La energía. En concreto se tratará el contenido 1 de dicho bloque:

- La energía: formulación de cuestiones e hipótesis sobre la energía, propiedades y manifestaciones que la describan como la causa de todos los procesos de cambio.

4.2.3. *Contexto*

La actividad está orientada para un grupo de 27 alumnos de 3º de Educación Secundaria Obligatoria de un nivel socioeconómico medio-alto.

4.2.4. *Criterios de aprendizaje evaluables*

Los criterios de evaluación seguidos a la hora de evaluar la actividad siguen las siguientes competencias específicas publicadas en el Real Decreto 217/2022:

- Competencia específica 1.
 - Identificar, comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos cotidianos más relevantes a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos, de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.
 - Resolver los problemas fisicoquímicos planteados utilizando las leyes y teorías científicas adecuadas, razonando los procedimientos utilizados para encontrar las soluciones y expresando adecuadamente los resultados.

- Reconocer y describir en el entorno inmediato situaciones problemáticas reales de índole científica y emprender iniciativas en las que la ciencia, y en particular la física y la química, pueden contribuir a su solución, analizando críticamente su impacto en la sociedad.
- Competencia específica 4.
 - Utilizar recursos variados, tradicionales y digitales, mejorando el aprendizaje autónomo y la interacción con otros miembros de la comunidad educativa, con respeto hacia docentes y estudiantes y analizando críticamente las aportaciones de cada participante.
 - Trabajar de forma adecuada con medios variados, tradicionales y digitales, en la consulta de información y la creación de contenidos, seleccionando con criterio las fuentes más fiables y desechando las menos adecuadas y mejorando el aprendizaje propio y colectivo.
- Competencia específica 5.
 - Establecer interacciones constructivas y coeducativas, emprendiendo actividades de cooperación como forma de construir un medio de trabajo eficiente en la ciencia.
 - Empezar, de forma guiada y de acuerdo a la metodología adecuada, proyectos científicos que involucren al alumnado en la mejora de la sociedad y que creen valor para el individuo y para la comunidad.
- Competencia específica 6.
 - Reconocer y valorar, a través del análisis histórico de los avances científicos logrados por hombres y mujeres de ciencia, que la ciencia es un proceso en permanente construcción y que existen repercusiones mutuas de la ciencia actual con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente.

- Detectar en el entorno las necesidades tecnológicas, ambientales, económicas y sociales más importantes que demanda la sociedad, entendiendo la capacidad de la ciencia para darles solución sostenible a través de la implicación de todos los ciudadanos

4.2.5. *Tiempo*

El tiempo requerido para la realización de esta actividad es de 6 sesiones de 55 minutos de duración cada una divididas de la siguiente forma:

- Sesión 1: introducción al proyecto y formación de grupos.
- Sesión 2 y 3: investigación.
- Sesión 4: creación del proyecto.
- Sesión 5: presentación de los proyectos.
- Sesión 6: evaluación entre alumnos y evaluación final de la actividad.

4.2.6. *Recursos*

Los recursos necesarios serán los siguientes:

- Libros y artículos de historia de la ciencia.
- Acceso a Internet y ordenadores, tablets o móviles.
- Pizarra y tizas.
- Protocolo de investigación a seguir para guiar la investigación.
- Papel y lápices para los alumnos

4.2.7. *Competencias*

Las competencias claves sobre las que trata esta actividad aparecen en el Real Decreto 217/2022 del 29 de marzo por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria (Boletín Oficial del Estado, 2022) y son las siguientes:

- Comprender y relacionar los motivos por los que ocurren los principales fenómenos fisicoquímicos del entorno, explicándolos

en términos de las leyes y teorías científicas adecuadas, para resolver problemas con el fin de aplicarlas para mejorar la realidad cercana y la calidad de vida humana.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL1, STEM1, STEM2, STEM4, CPSAA4.

- Expresar las observaciones realizadas por el alumnado en forma de preguntas, formulando hipótesis para explicarlas y demostrando dichas hipótesis a través de la experimentación científica, la indagación y la búsqueda de evidencias, para desarrollar los razonamientos propios del pensamiento científico y mejorar las destrezas en el uso de las metodologías científicas.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL1, CCL3, STEM1, STEM2, CD1, CPSAA4, CE1, CCEC3.

- Utilizar de forma crítica, eficiente y segura plataformas digitales y recursos variados, tanto para el trabajo individual como en equipo, para fomentar la creatividad, el desarrollo personal y el aprendizaje individual y social, mediante la consulta de información, la creación de materiales y la comunicación efectiva en los diferentes entornos de aprendizaje.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL2, CCL3, STEM4, CD1, CD2, CPSAA3, CE3, CCEC4.

- Utilizar las estrategias propias del trabajo colaborativo, potenciando el crecimiento entre iguales como base emprendedora de una comunidad científica crítica, ética y eficiente, para comprender la importancia de la ciencia en la mejora de la sociedad, las aplicaciones y repercusiones de los avances científicos, la preservación de la salud y la conservación sostenible del medio ambiente.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: CCL5, CP3, STEM3, STEM5, CD3, CPSAA3, CC3, CE2.

- Comprender y valorar la ciencia como una construcción colectiva en continuo cambio y evolución, en la que no solo participan las personas dedicadas a ella, sino que también requiere de una interacción con el resto de la sociedad, para obtener resultados que repercutan en el avance tecnológico, económico, ambiental y social.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores del Perfil de salida: STEM2, STEM5, CD4, CPSAA1, CPSAA4, CC4, CCEC1.

4.2.8. Metodología

La metodología aplicada en la enseñanza de esta actividad es la de aprendizaje por proyectos. Es una estrategia pedagógica que involucra a los estudiantes en la elaboración de proyectos de investigación, empleando IA, con la intención (en este caso) de mostrar a sus compañeros las teorías relacionadas con la energía más importantes de la historia de la ciencia. Esto les permite involucrarse en más profundidad en la materia seleccionada por el docente, en este caso la energía. Se estructura de la siguiente manera:

- Introducción al proyecto y formación de grupos: el docente presenta el proyecto a los estudiantes, explicando los objetivos, los productos finales esperados y los criterios de evaluación. Los estudiantes se organizan en grupos y eligen un tema específico relacionado con la evolución del conocimiento sobre la energía que deseen investigar.
- Investigación: los alumnos seleccionan en este caso la teoría o el fenómeno a estudiar, recopilan información a través de IA como Dalarna, ChatGPT o Microsoft Bing, evalúan cual es o no correcta, la organizan y analizan para identificar las ideas clave y las relaciones entre ellas. Durante este proceso, los estudiantes pueden necesitar la guía y el apoyo del docente para asegurarse de que están alcanzando los objetivos del proyecto.
- Creación del proyecto: los estudiantes diseñan un proyecto final que refleje su investigación y aprendizaje. Esto puede ser una

presentación multimedia (estilo power point), un modelo o un experimento sencillo con material básico de librería.

- Presentación de los proyectos: los alumnos presentan su teoría o fenómeno al resto de la clase y el docente sirviéndose de los apoyos visuales previamente elaborados y ensayados.
- Evaluación: el docente evalúa tanto el proceso como el producto final, teniendo en cuenta los criterios de evaluación previamente establecidos.

Al utilizar la metodología de aprendizaje por proyectos, los estudiantes desarrollan habilidades de investigación, análisis crítico, resolución de problemas y trabajo en equipo, mientras aprenden sobre la evolución del conocimiento sobre la energía. Además, al diseñar y crear una presentación final, los estudiantes pueden aplicar y demostrar su comprensión de los conceptos y principios científicos relacionados con la energía.

4.2.9. Descripción detallada de la actividad

La actividad radica en que los alumnos elijan teorías o fenómenos de importancia para la física basadas en la energía. El docente proporcionará a los alumnos una serie de temáticas de entre las cuales los grupos de alumnos deberán elegir, aunque también pueden presentar propuestas por las que se sientan más interesados. Algunos ejemplos de estas teorías o fenómenos son: la teoría de la relatividad de Einstein, la energía nuclear, la teoría del Big Bang, la guerra de las corrientes entre Nikola Tesla y Edison o la ley de conservación de la energía entre otros. Por supuesto, la forma para explicar estas teorías o fenómenos debe ser sencilla y apoyada de presentaciones visuales o incluso videos empleando IAs. La actividad estará dividida en 5 partes bien diferenciadas

1. Introducción al proyecto y formación de grupos: en esta fase inicial, el docente debe presentar el proyecto y explicar los objetivos de aprendizaje. Los estudiantes deberán formar grupos de 3 o 4 personas y elegir un tema relacionado con la evolución del conocimiento sobre la energía. Para ayudar a los estudiantes en esta elección, el docente puede proporcionar una lista de posibles temas como se ha mencionado

anteriormente. Cada grupo deberá presentar su elección al resto de la clase y justificar por qué han elegido ese tema (sesión 1).

2. Investigación: una vez que los estudiantes han elegido su tema, deberán investigar a fondo la historia del mismo empleando motores de búsqueda basados en la IA. Los estudiantes también podrán consultar otras fuentes, como libros, artículos, videos y sitios web confiables



para cerciorarse de la información obtenida por la IA. Entre estos recursos se destacará el canal de YouTube de Quantum Fracture por la sencillez, la veracidad y la vistosidad con la que se explican estos conceptos. Se encuentra en el siguiente enlace:

<https://www.youtube.com/@QuantumFracture> .

Durante esta fase, el docente deberá proporcionar una guía de investigación para asegurarse de que los estudiantes se centren en los objetivos de aprendizaje del proyecto y hagan las preguntas adecuadas a la IA. Además, el docente debe programar reuniones regulares con cada grupo para comprobar el progreso de su investigación y ofrecer asesoramiento. Estas reuniones se harán durante las sesiones correspondientes a esta parte (sesiones 2 y 3).

3. Creación del proyecto: con la información recopilada, los estudiantes deberán trabajar juntos para crear una presentación que explique el tema elegido y su relación con la evolución del conocimiento sobre la energía. Las presentaciones pueden ser en formato de video, diapositivas de PowerPoint, carteles o incluso mediante una demostración práctica sencilla y esquemática con elementos del aula. El docente debe proporcionar orientación sobre cómo crear una presentación eficaz y cómo incluir referencias adecuadas. Es importante en este punto fomentar la creatividad y la originalidad de los estudiantes (sesión 4).
4. Presentación de los proyectos: cada grupo deberá presentar su proyecto ante el resto de la clase. Los estudiantes deben ser alentados a hacer preguntas a los demás grupos y ofrecer comentarios constructivos.

Después de las presentaciones, el docente puede organizar una discusión en clase para reflexionar sobre las diferentes presentaciones y lo que han aprendido (sesión 5).

5. Evaluación entre alumnos y evaluación final de la actividad: el docente evaluará los proyectos en función de los objetivos de aprendizaje y proporcionará comentarios constructivos a cada grupo. Los estudiantes también pueden evaluar el trabajo de sus compañeros utilizando una rúbrica o guía previamente acordada (sesión 6).

5. EVALUACIÓN

El presente apartado de evaluación tiene como objetivo analizar y valorar los criterios y los instrumentos de evaluación utilizados en el Trabajo de Fin de Máster (TFM) titulado "Aplicación de la inteligencia artificial a la enseñanza secundaria de Física y Química". En este trabajo, se aborda la incorporación de la inteligencia artificial como herramienta pedagógica en el ámbito de la educación secundaria, específicamente en las asignaturas de Física y Química. La evaluación es un elemento esencial en todo proceso de investigación y desarrollo educativo, ya que permite medir el grado de cumplimiento de los objetivos planteados y la eficacia de las estrategias empleadas.

En este apartado, se describirán los criterios de evaluación utilizados para cada objetivo del TFM, así como los instrumentos de evaluación propuestos para medir el logro de dichos objetivos. El análisis crítico y fundamentado de la evaluación desempeñará un papel fundamental en la valoración de la aplicabilidad y relevancia de la inteligencia artificial en la enseñanza de Física y Química en la etapa educativa secundaria.

Tabla 1. *Evaluación del cumplimiento de los objetivos*

Objetivo específico	Criterios de evaluación	Instrumento de evaluación
---------------------	-------------------------	---------------------------

<p>OE 1. Revisar la bibliografía para establecer las aplicaciones de la IA en Física y Química.</p>	<p>Identificación y comprensión de las principales aplicaciones de la inteligencia artificial en el campo de la física y la química.</p> <p>Capacidad para analizar críticamente la literatura científica relacionada con la aplicación de la IA en estos campos.</p> <p>Organización y presentación adecuada de la revisión bibliográfica.</p>	<p>Informe escrito</p> <p>Presentación oral</p>
<p>OE 2. Determinar si es posible planear de forma completa una actividad docente exclusivamente empleando inteligencia artificial.</p>	<p>Comprender y evaluar de manera crítica la capacidad de la inteligencia artificial para planificar una actividad docente completa.</p> <p>Presentar una argumentación fundamentada sobre la viabilidad y eficacia de la planificación completa de una actividad docente mediante inteligencia artificial.</p>	<p>Capacidad de escritura técnica de la IA.</p> <p>Capacidad de estructurar y exponer la información para los alumnos.</p> <p>Seguimiento de un hilo conductor en toda la actividad.</p>
<p>OE 3. Proponer dos actividades para la asignatura de Física y Química realizadas con IA.</p>	<p>Creatividad y originalidad en la propuesta de las actividades.</p> <p>Pertinencia de las actividades en relación con los contenidos de Física y Química y el uso de la inteligencia artificial.</p> <p>Claridad y coherencia en la descripción de las actividades.</p>	<p>Participación de los alumnos.</p> <p>Retención de los conocimientos según los resultados de las actividades</p>

6. REFLEXIÓN Y VALORACIÓN FINAL

A lo largo del desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster titulado "Aplicación de la inteligencia artificial a la enseñanza secundaria de Física y Química", se ha abordado de manera integral el estudio de las aplicaciones de la inteligencia artificial en estos campos, así como la viabilidad de la planificación completa de una actividad docente exclusivamente empleando esta tecnología. Además, se propusieron dos actividades para la asignatura de Física y Química, demostrando de manera concreta el empleo de la inteligencia artificial en la enseñanza secundaria. En dichas actividades que se enseña y se empleaba la inteligencia artificial como motor búsqueda y de realización de imágenes.

En primer lugar, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica para establecer las diversas aplicaciones de la inteligencia artificial en el ámbito de la física y la química. Esta revisión permitió comprender el impacto y el potencial transformador que la inteligencia artificial puede tener en el proceso de enseñanza y aprendizaje de estas disciplinas. Se identificaron aplicaciones que ofrecen una nueva perspectiva para mejorar la enseñanza secundaria, motivar a los estudiantes y promover una comprensión más profunda de los conceptos científicos.

En relación al segundo objetivo, se llevó a cabo un análisis exhaustivo para determinar la viabilidad de la planificación completa de una actividad docente empleando exclusivamente inteligencia artificial. Durante este proceso, se consideraron aspectos como la capacidad de la inteligencia artificial para generar actividades pedagógicamente relevantes, la adaptabilidad a diferentes estilos de aprendizaje y la posibilidad de ajustar el contenido según el progreso individual del estudiante.

Por último, se propusieron dos actividades concretas para la asignatura de Física y Química, en las cuales se utilizó la inteligencia artificial como herramienta clave. Estas actividades representan una muestra clara del empleo de la inteligencia artificial en la enseñanza secundaria. Al diseñar y desarrollar estas actividades, se evidenció el potencial de la inteligencia artificial para mejorar la experiencia educativa, brindando a los docentes nuevas formas de explorar y enseñar los conceptos científicos a sus alumnos. Además, si

queremos que se emplee de forma adecuada la IA, que mejor solución que incluirla en las actividades curriculares.

En este TFM se ha evidenciado lo eficiente del empleo de la inteligencia artificial como herramienta docente. La siguiente pregunta sería ¿es capaz la inteligencia artificial de sustituir al equipo docente a la hora de enseñar Física y Química a las nuevas generaciones? Rotundamente no, la inteligencia artificial es un apoyo más, como lo puede ser un video de YouTube o una presentación de Power Point. Bien guiada, la inteligencia artificial facilita y amplia notablemente la labor docente pero el profesor sigue siendo la figura principal a la hora de enseñar.

En conclusión, este TFM ha proporcionado una visión amplia y reflexiva sobre la aplicación de la inteligencia artificial en la enseñanza secundaria de Física y Química. Se ha demostrado el potencial y los beneficios que la inteligencia artificial puede aportar a la educación científica en la etapa secundaria. Sin embargo, es necesario abordar de manera cuidadosa y crítica tanto las oportunidades como las limitaciones de esta tecnología, buscando siempre el equilibrio entre la automatización y la participación activa del docente para brindar una experiencia educativa completa y enriquecedora. Al continuar investigando y explorando nuevas formas de integrar la inteligencia artificial en la enseñanza, podremos aprovechar al máximo su potencial para mejorar la educación científica y preparar a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI.

7. REFERENCIAS

- Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellati, B., & Tanaka, F. (2018). Social robots for education: A review. *Science Robotics*, 3(21). <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aat5954>
- Boletín Oficial del Estado. (2022). *Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria*.
- Cantu-Ortiz, F., Galeano, N., Garrido, L., Terashima-Marin, H., & Brena, R. (2020). An artificial intelligence educational strategy for the digital transformation. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 14, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00702-8>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z.. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278.
- Chiu, W.K. (2021). Pedagogy of Emerging Technologies in Chemical Education during the Era of Digitalization and Artificial Intelligence: A Systematic Review. In *Education Sciences* (Vol. 11, Issue 11). <https://doi.org/10.3390/educsci11110709>
- Clark, T.M. (2023). Investigating the Use of an Artificial Intelligence Chatbot with General Chemistry Exam Questions. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00027>
- Douce, C., Livingstone, D., & Orwell, J. (2005). Automatic test-based assessment of programming: A review. *J Educ Resour Comput*, 5. <https://doi.org/10.1145/1163405.1163409>
- Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluce, M.L., & García-Peñalvo, F.J. (2022). Método basado en Educación 4.0 para mejorar el aprendizaje: lecciones aprendidas de la COVID-19. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 25(2 SE-Monográfico), 49–72. <https://doi.org/10.5944/ried.25.2.32320>
- García-Peñalvo, F.J. (2023). The perception of Artificial Intelligence in

- educational contexts after the launch of ChatGPT: Disruption or Panic? [La percepción de la Inteligencia Artificial en contextos educativos tras el lanzamiento de ChatGPT: disrupción o pánico]. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 24, e31279. <https://doi.org/10.14201/eks.31279>
- García-Peñalvo, F.J, Corell, A., Abella-García, V., & Grande, M. (2020). La evaluación online en la educación superior en tiempos de la COVID-19. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 21(SE-Artículos), 26. <https://doi.org/10.14201/eks.23086>
- Grande-de-Prado, M., García-Peñalvo, F.J., Corell, A., & Abella, V. (2021). *Evaluación en Educación Superior durante la pandemia de la COVID-19 [Higher Education assessment during COVID-19 pandemic]*. 10, 2021.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education. Promise and Implications for Teaching and Learning*.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C.. (2023). *Artificial intelligence in education*. Globethics Publications.
- Lee, H.S., & Lee, J. (2021). Applying Artificial Intelligence in Physical Education and Future Perspectives. In *Sustainability* (Vol. 13, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/su13010351>
- Lee, I., & Perret, B.. (2022). Preparing High School Teachers to Integrate AI Methods into STEM Classrooms. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 36(11), 12783–12791. <https://doi.org/10.1609/aaai.v36i11.21557>
- Mystakidis, S., Christopoulos, A., & Pellas, N. (2022). A Systematic Mapping Review of Augmented Reality Applications to support STEM Learning in Higher Education. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10682-1>
- Ramírez-Montoya, M.S., Castillo-Martínez, I.M., Sanabria-Z, J., & Miranda, J. (2022). Complex Thinking in the Framework of Education 4.0 and Open Innovation—A Systematic Literature Review. In *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* (Vol. 8, Issue 1).

<https://doi.org/10.3390/joitmc8010004>

- Sein-Echaluce, M., Fidalgo-Blanco, Á., Balbin, A., & García-Peñalvo, F. (2022). Flipped Learning 4.0. An extended flipped classroom model with Education 4.0 and organisational learning processes. *Universal Access in the Information Society*, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00945-0>
- Xu, W., & Ouyang, F. (2022a). A Systematic Review of AI Role in the Educational System Based on a Proposed Conceptual Framework. *Education and Information Technologies*, 27(3), 4195–4223. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10774-y>
- Xu, W., & Ouyang, F.. (2022b). The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021. *International Journal of STEM Education*, 9. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5>
- Zanetti, M., Rendina, S., Picci, L., & Peluso-Cassese, F.. (2020). Potential risks of Artificial Intelligence in education. *Form@re - Open Journal per La Formazione in Rete*, 20(1 SE-Articles), 368–378. <https://doi.org/10.13128/form-8113>
- Zapata-Cáceres, M., & Martín-Barroso, E. (2021). Applying Game Learning Analytics to a Voluntary Video Game: Intrinsic Motivation, Persistence, and Rewards in Learning to Program at an Early Age. *IEEE Access*, 9, 123588–123602. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3110475>

