



VNiVERSIDAD  
D SALAMANCA



## TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN PROFESOR DE EDUCACION SECUNDARIA OBLIGATORIA,  
BACHILLERATO, FORMACION PROFESIONAL Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS

**ESPECIALIDAD: DIBUJO**

***Ventajas en el uso de la Inteligencia  
Artificial en la enseñanza de las artes  
plásticas, visuales, y audiovisuales;  
recomendaciones y recursos***

***Advantages on the use of Artificial  
Intelligence in visual, audiovisual and plastic  
arts teaching; recommendations and  
resources***

Autor: Ramón Serrano Fernández

Tutora: Dra. Verónica Navarro Navarro

En Salamanca a 8 de julio de 2024  
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN

MÁSTER UNIVERSITARIO EN PROFESOR DE EDUCACION SECUNDARIA  
OBLIGATORIA, BACHILLERATO, FORMACION PROFESIONAL Y ENSEÑANZAS  
DE IDIOMAS

**ESPECIALIDAD: DIBUJO**

*Ventajas en el uso de la Inteligencia Artificial en la  
enseñanza de las artes plásticas, visuales, y audiovisuales;  
recomendaciones y recursos*

*Advantages on the use of Artificial Intelligence in visual,  
audiovisual and plastic arts teaching; recommendations and  
resources*

El autor

La tutora

Fdo.: Ramón Serranp Fernández

Fdo.: Verónica Navarro Navarro

## Resumen

El presente trabajo aborda las investigaciones recientes sobre el impacto de las tecnologías de Inteligencia Artificial en el ámbito educativo, en aras de verter luz acerca de su uso en el aula. Con tal objetivo, se revisa una selección de bibliografía reciente, se reflexiona en torno al origen del campo de la Inteligencia Artificial, y se estudian las recomendaciones e iniciativas legales emitidas por instituciones y organismos públicos. A partir de esta información, se diseñan una serie de recursos y actividades para emplear en el aula, que integran servicios de Inteligencia Artificial con herramientas digitales. Las sesiones de clase diseñadas van orientadas hacia alumnos de primer curso de ESO, en la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual, en torno a los contenidos relacionados con el lenguaje visual y las dimensiones 0, 1 y 2. Se presentan los resultados de la implementación de algunas de estas sesiones, y se incluyen algunas de las imágenes creadas por el alumnado.

**Palabras Clave:** *Educación Plástica, Visual y Audiovisual; IA; educación; innovación docente; recursos; recursos; lenguaje visual; arte generativo*

## Abstract

This paper addresses recent research on the impact of Artificial Intelligence technologies in the field of education, in order to shed light on their use in the classroom. To this end, we review a selection of recent literature, reflect on the origins of the field of Artificial Intelligence, and study the recommendations and legal initiatives issued by institutions and public bodies. Based on this information, a series of resources and activities are designed for use in the classroom, which integrate Artificial Intelligence services with digital tools. The classroom sessions designed are aimed at students in the first year of ESO, in the subject of Plastic, Visual and Audiovisual Education, around content related to visual language and dimensions 0, 1 and 2. The results of the implementation of some of these sessions are presented, and some of the images created by the students are included.<sup>1</sup>

**Keywords:** *Art, Visual and Audiovisual Education; AI; education; teaching innovation; resources; resources; visual language; generative art.*

---

<sup>1</sup> Traducido con DeepL.com

## TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

### DECLARACIÓN DE AUTORÍA

D. Ramón Serrano Fernández, con DNI 45134402F, matriculado en la Titulación de Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, en la especialidad de Dibujo **Declaro** que he redactado el Trabajo Fin de Máster titulado Ventajas en el uso de la Inteligencia Artificial en la enseñanza de las artes plásticas, visuales, y audiovisuales; recomendaciones y recursos del curso académico 2023/2024 de forma autónoma, con la ayuda de las fuentes y la literatura citadas en la bibliografía, y que he identificado como tales todas las partes tomadas de las fuentes y de la literatura indicada, textualmente o conforme a su sentido.

En Salamanca, a 8 de julio de 2024

Fdo.: Ramón Serrano Fernández

# Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.2 OBJETIVOS.....	6
1.3 METODOLOGÍA .....	7
1.3.1 Fase documental.....	7
1.3.2 Fase de diseño.....	8
1.3.3 Fase de implementación.....	9
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1 LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....	9
2.1.1 Fundamentos y orígenes técnicos de la Inteligencia Artificial.....	9
2.1.2 Retrospectiva: tecnología y sociedad .....	12
2.2 EDUCACIÓN E INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....	13
2.2.1 Recomendaciones institucionales para con la Inteligencia Artificial .....	13
2.2.2 Recursos y propuestas para el uso de la Inteligencia Artificial en educación .....	15
2.2.3 Arte, tecnología, y educación .....	20
<b>3. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>25</b>
3.1 PROPUESTA DE INNOVACIÓN DOCENTE: P.A.C.O, EL ROBOT DIBUJANTE.....	25
3.1.1 Objetivos de la propuesta .....	25
3.2 CONTEXTUALIZACIÓN .....	26
3.3 MARCO LEGAL.....	26
3.3.1 Fundamentación curricular de la propuesta .....	27
3.4 EL LENGUAJE P.A.C.O .....	30
3.4.1 Especificación formal del lenguaje .....	31
3.4.2 La plataforma web.....	33
3.5 ACTIVIDADES DE LA PROPUESTA.....	35
3.5.1 Sesión 1: Introducción – Conociendo a P.A.C.O.....	35
3.5.2 Sesión 2: Introducción II – Polígonos sencillos y presentación de la plataforma P.A.C.O.....	36
3.5.3 Sesión 3: Retos complicados I – la estrella o la cara de P.A.C.O .....	37
3.5.4 Sesión 4: Retos complicados II – Yo soy P.A.C.O.....	38
3.5.5 Sesión 5: Obra de arte generativo.....	39
3.5.6 Sesión 6: Torneo.....	39
3.6 INSTRUMENTOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN .....	40
3.6.1 Retos.....	40
3.6.2 Obra de arte generativo .....	40
3.6.3 Torneo.....	41
3.6.4 Trabajo en equipo y comportamiento.....	41
<b>4. ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>41</b>
4.1 RESULTADOS.....	41
4.1.1 OBRAS DE ARTE GENERATIVO DEL ALUMNADO .....	42
4.2 DISCUSIÓN.....	44
<b>5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....</b>	<b>45</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO A: PLANTILLAS PARA RETOS Y EQUIPOS .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO B: IMÁGENES GENERADAS POR EL ALUMNADO EN LA PLATAFORMA .....</b>	<b>56</b>

## Índice de Figuras

FIGURA 1 <i>PRIMERA IMAGEN DIGITAL</i> .....	20
FIGURA 2 <i>TUNNEL OF GLITCH, DEMO DE 256 BYTES PARA AMIGA</i> .....	21
FIGURA 3 <i>ANDREASKREUZ, GEORG NEES, 1968</i> .....	23
FIGURA 4 <i>FIGURAS IMPOSIBLES, YTURREALDE, BOCETO, 1970. LÁPIZ Y TINTA SOBRE PAPEL, 34 X 24CM</i> .....	23
FIGURA 5 <i>UN PATRÓN DE 20 CÍRCULOS SUPERPUESTOS EN IBM LCSII LOGO V1.0</i> .....	24
FIGURA 6 <i>PÁGINA DE BIENVENIDA A LA PLATAFORMA WEB</i> .....	33
FIGURA 7 <i>ENTORNO DE PROGRAMACIÓN DE LA PLATAFORMA P.A.C.O</i> .....	33
FIGURA 8 <i>PÁGINA DE AYUDA DE LA PLATAFORMA WEB</i> .....	34
FIGURA 9 <i>RETOS PUBLICADOS EN LA PLATAFORMA</i> .....	34
FIGURA 10 <i>CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS</i> .....	35
FIGURA 11 <i>OBRA DE ARTE GENERATIVO REALIZADA POR EL ALUMNADO, GRUPO "MANDALA"</i> .....	43
FIGURA 12 <i>OBRA DE ARTE GENERATIVO REALIZADA POR EL ALUMNADO, GRUPO "PACO EL VECINO"</i> .....	43
FIGURA 13 <i>OBRA DE ARTE GENERATIVO REALIZADA POR EL ALUMNADO, GRUPO "CASA"</i> .....	44
FIGURA 14 <i>OBRA DE ARTE GENERATIVO, GRUPO A</i> .....	56
FIGURA 15 <i>OBRA DE ARTE GENERATIVO, GRUPO B</i> .....	57
FIGURA 16 <i>OBRA DE ARTE GENERATIVO, GRUPO C</i> .....	58
FIGURA 17 <i>OBRA DE ARTE GENERATIVO, GRUPO D</i> .....	59
FIGURA 18 <i>OBRA DE ARTE GENERATIVO, GRUPO E</i> .....	60

## Índice de Tablas

TABLA 1 <i>RELACIÓN DE COMPETENCIAS ESPECÍFICAS, CRITERIOS DE EVALUACIÓN, Y DESCRIPTORES OPERATIVOS.....</i>	28
TABLA 2 <i>SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES Y RETOS, SESIÓN 1 .....</i>	35
TABLA 3 <i>SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES Y RETOS, SESIÓN 2 .....</i>	36
TABLA 4 <i>SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES Y RETOS, SESIÓN 3 .....</i>	37
TABLA 5 <i>SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES Y RETOS, SESIÓN 4 .....</i>	38
TABLA 6 <i>SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES, SESIÓN 5 .....</i>	39
TABLA 7 <i>SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES, SESIÓN 6 .....</i>	39
TABLA 8 <i>LISTA DE CONTROL PARA PUNTUAR RETOS .....</i>	40
TABLA 9 <i>LISTA DE CONTROL PARA PUNTUAR OBRA DE ARTE GENERATIVO .....</i>	40

# 1. Introducción y Justificación

Desde finales del año 2022 – fecha en la que fue lanzado el servicio *ChatGPT*– hemos podido observar cómo el uso de inteligencias artificiales basadas en modelos de aprendizaje automático y *LLMs* (*Large Language Models*, grandes modelos de lenguaje) ha entrado de lleno en el espacio social como producto de consumo. En estos dos años hemos visto cómo estos modelos, se han visto envueltos en diferentes polémicas: ético-legales – acerca de la autoría, el crédito y la compensación que se debe a los creadores materiales usados para entrenar modelos generativos de imágenes y textos (Roose, 2022); de su uso en juicios y defensas legales (Weiser, 2023); sus usos en medicina (Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados, 2022); en la facilitación de trámites burocráticos y administrativos (La Moncloa, 2024)–; filosóficas –debates sobre la singularidad, la consciencia, la esencia humana y el pensamiento (Hayeri, 2023)–, o socioeconómicas – un resurgir de ciertos sentimientos anti-máquina (Lamont, 2024), preocupación ante la posible desaparición de puestos de trabajo (Pérez, 2024)–, entre muchos otros. La aparición de la IA parece ser uno de los puntos definitorios de la década de los 2020, tanto es así que gobiernos e instituciones como la UNESCO o la Unión Europea se han apresurado a intentar dar luz, regular y enfocar el uso legítimo, las reglas y las prohibiciones que se deben imponer en el uso de la IA.

La novedad y lo revolucionario presentan siempre un tema interesante para la investigación, si bien tornan el trabajo más difícil: prolifera en torno al tema de la IA una gran cantidad de desinformación y sensacionalismo, tanto en lo que toca a sus efectos y posibles repercusiones, como a la propia naturaleza de su funcionamiento. Esclarecer las posiciones y argumentos fundamentados y con sentido se torna complicado en un panorama en el que autodenominados *expertos* se contradicen, en el que el mercantilismo se entremezcla con la investigación legítima y en el que varias agencias y autoridades predicen un futuro incierto e incluso alarmista si no se procede con precaución, al tiempo que el mercado desestima estas preocupaciones. No ayuda que proliferen en internet los productos y aplicaciones que dicen usar la IA para reclamar clientes, y que las siglas se hayan convertido en una *buzzword*, o palabra hueca (Fletcher y Nielsen, 2024). Somos conscientes de que IA (o AI, por sus siglas en inglés), es el reclamo del momento, sinónimo de la vanguardia tecnológica de la década, y, para muchos, algo más cercano a la magia y lo sobrenatural que a una realidad tangible y limitada.

En el contexto del aula, y sobre todo en secundaria, que es uno de los campos que nos atañe, vemos cierta falta de información ante la novedad, que como en muchos otros ámbitos lleva y ha llevado a conflictos: por ejemplo acusaciones no muy bien fundadas de haber generado contenido con IA, con las consiguientes penalizaciones (Klee, 2023), tras haber usado un comprobador de dudosa calidad; la vuelta a los trabajos escritos a mano o exámenes orales como medida anti máquina (Innerarity, 2024); o su bloqueo en las redes escolares. También, aunque escapa de nuestro ámbito de estudio, vemos problemas parecidos en las Universidades e instituciones de estudios superiores: nos parece que hay cierta inclinación en el ámbito académico a oponerse frontalmente al uso de la IA, equiparándolo con el plagio. Esto lo podemos inferir observando la integración de funcionalidades detectoras de textos generados por IA en herramientas como *Turnitin*.



La tendencia en la aparición de productos, empresas, y en general de la popularidad que suscita hoy día la IA al mercado – esto lo podemos observar en el crecimiento de la valoración de mercado de compañías del sector tecnológico como NVIDIA (Leswing, 2024)– parece indicar que las inteligencias artificiales, y, sobre todo, los *LLM* (esto es, los modelos basados en texto), ha llegado para quedarse, más aún si cabe en el dominio, que es el nuestro, de las artes plásticas, visuales, y audiovisuales. En muchos casos pueden acrecentar la productividad, y ayudan a realizar tareas tediosas y repetitivas de manera fácil, así como sugerir, generar y ofrecer diversas posibilidades en base a un simple listado de requerimientos. Partimos pues, desde la idea de que la IA es una herramienta – tremendamente poderosa– tanto en el aula como en la vida personal y profesional, muy sofisticada y que otorgará ventajas al alumnado –y al docente – en su futuro desempeño si se aprende a usar correctamente.

Nuestro interés en este campo, y en la intersección de tecnología, ciencia y arte no solo proviene de la mediatización, y popularidad de la que goza en este momento, sino que es también un interés personal y que se ha mantenido constante a lo largo de nuestra vida académica y profesional. La pasión y curiosidad por la informática, en concreto la programación y el funcionamiento de los sistemas más básicos que la componen ha estado presente en nuestra educación desde la infancia. Esta fascinación genuina ha sido también la chispa de multitud de proyectos, tanto artísticos como técnicos, y nuestra familiaridad con los detalles de la técnica nos ponen en la posición idónea para proponer un proyecto práctico que, con conocimiento de causa, nos permita casar el arte y los aspectos técnicos de la IA construyendo un producto terminado y utilizable.

También cabe destacar que se ha podido probar y refinar nuestras ideas y recursos de manera experimental, con los grupos de alumnos durante el periodo de Prácticum. Así, se ha podido experimentar tanto una de las muchas posiciones que adoptan los centros educativos frente a la IA en la ausencia de recomendaciones o normativa oficial a fecha de febrero de 2024, así como las interacciones con recursos tecnológicos, sus complejidades logísticas y la efectividad de estos en diferentes tipos de alumnos.

Es por ello por lo que hemos decidido tratar de sintetizar una serie de recomendaciones sobre el uso de la IA en las aulas de secundaria, atendiendo tanto a los intentos normativos existentes, la realidad técnica, y las advertencias fundadas, para intentar dar una perspectiva realista en torno a este tema, alejada del sensacionalismo y el desconocimiento. Este conocimiento no debe quedarse, sin embargo, en la mera teoría, por lo que nuestro ánimo es cristalizar estas prácticas en recursos digitales que los docentes de asignaturas relacionadas con las artes plásticas, visuales, y audiovisuales puedan emplear en sus aulas para incorporar la IA de una manera ética, segura y sencilla.

## 1.2 Objetivos

Este trabajo trate de arrojar algo de claridad en cuanto al uso de la Inteligencia Artificial generativa en el aula, en concreto en las asignaturas relacionadas con las artes, el diseño y los lenguajes visuales y audiovisuales. Partiendo de este desarrollo teórico, queremos aportar con este trabajo recursos sencillos que introduzcan de una manera razonada y efectiva tanto el uso como la reflexión acerca de la IA en las aulas de Educación Plástica, Visual y Audiovisual,

promoviendo la atención al ODS 4 (Educación de Calidad) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

### **General**

1. Diseñar recursos artísticos-digitales que incorporen la IA generativa para el aprendizaje de algunos de los contenidos del currículo de la LOMLOE relativos al lenguaje visual desde una práctica segura, ética y eficiente.

### **Específicos**

1. Investigar qué es la Inteligencia Artificial, sus orígenes y su funcionamiento.
2. Analizar y sintetizar la normativa, regulaciones y recomendaciones ya establecidas para la IA.
3. Recopilar, partiendo de la interacción entre Arte y nuevas tecnologías a lo largo del s. XX, información sobre el panorama actual de relaciones entre IA y Arte.
4. Relacionar adecuadamente contenidos curriculares de la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual del primer curso de ESO que mejor se adapten a los medios digitales.
5. Conocer recursos digitales existentes para el diseño efectivo de los materiales mencionados en el objetivo general.

## **1.3 Metodología**

La metodología para realizar este trabajo se ha basado principalmente en una revisión bibliográfica sobre el tema en cuestión, una revisión de la normativa, y, finalmente, el desarrollo de actividades y recursos para la implementación de una propuesta experimental que introduce ciertos servicios de Inteligencia Artificial en el aula. Cabe destacar que la propuesta de innovación educativa que presentamos en este trabajo es una ampliación de una propuesta previa que hacemos en nuestro artículo (no publicado) *P.A.C.O, el robot dibujante: Introducción a la programación a través de la geometría plana en educación plástica, visual y audiovisual*.

Nuestro plan de acción para la elaboración de este trabajo se ha dividido en tres fases diferenciadas:

- Fase documental.
- Fase de diseño.
- Fase de implementación.

### **1.3.1 Fase documental**

En esta primera etapa, hemos recabado información sobre el tema de estudio, principalmente a través de la consulta de artículos científicos, legislación y recomendaciones institucionales. También hemos asistido a diversas conferencias y charlas académicas:

- *AI, a tool for mental healthcare?*, mesa redonda moderada por Gabriela Ramos, en la 42ª Conferencia General de la UNESCO de (2023).
- *Transcendiendo la singularidad: hacia una convergencia entre inteligencia artificial y cognición humana*, impartida por el Dr. Juan Manuel Corchado, el 20 de noviembre de 2023, en la Facultad de Educación de la Universidad de Salamanca.
- *La inteligencia de la Inteligencia Artificial*, impartida por el Dr. Daniel Innerarity, el 13 de febrero de 2024, en la Facultad de Educación de la Universidad de Salamanca.

Hemos recabado la mayoría de los artículos a través de internet, en los portales *Google Scholar*, y *Brumario*. Para la selección de la información nos hemos enfocado en tres ejes:

- *Técnico*: principalmente hemos acudido a autores pioneros en materia de inteligencia artificial y ciencia de la computación – Turing, McCarthy, o Shannon– para hacernos una idea de cómo se ha enfocado históricamente la investigación técnica en Inteligencia Artificial.
- *Institucional*: hemos investigado sobre las iniciativas legales y las recomendaciones existentes hoy en día en materia de Inteligencia Artificial, y la posición que adoptan las diversas instituciones que intervienen en el desarrollo normativo del sistema educativo español – UNESCO, Unión Europea, y Ministerios.
- *Académico*: esta categoría es la más amplia, e incluye artículos académicos relacionados con el posible impacto de la llegada de los servicios de IA al aula; proyectos concretos y actividades que integran herramientas de IA en la labor docente; e interacciones históricas entre educación arte y tecnología.

### 1.3.2 Fase de diseño

Esta fase ha consistido en el diseño de los recursos, y la construcción e implementación de la plataforma web P.A.C.O. Para su diseño nos hemos inspirado principalmente en el lenguaje de programación LOGO, y como se presentan sus entornos de desarrollo tradicionales.

La implementación la hemos realizado a partir de recursos de código abierto encontrados en la web (principalmente el repositorio GitHub). A continuación, citamos los recursos de terceros utilizados en la construcción de la plataforma – fuentes, hojas de estilos y código fuente:

Las fuentes utilizadas – que se encuentran bajo la licencia Open Font License ([www.openfontlicense.org](http://www.openfontlicense.org))– han sido obtenidas de Google Fonts ([www.fonts.google.com](http://www.fonts.google.com)):

- *Workbench*, de Jens Kutílek;
- *Share Tech Mono*, de Carrois Apostrophe;
- *Silkscreen*, de Jason Kottke.

La hoja de estilos principal de la plataforma está diseñada sobre el paquete Picnic CSS ([www.picnicss.com](http://www.picnicss.com)), que se encuentra bajo licencia MIT. Los fondos animados de la versión

de escritorio usan la biblioteca `particles.js` ([www.github.com/marcbruederlin/particles.js](http://www.github.com/marcbruederlin/particles.js)), también bajo licencia MIT.

El intérprete usa como motor la biblioteca `P5js` ([www.p5js.org](http://www.p5js.org)), bajo licencia GNU LGPL v2.1 ([www.github.com/processing/p5.js/blob/main/license.txt](http://www.github.com/processing/p5.js/blob/main/license.txt)). También, además de la referencia, integra un *chatbot* asistido por inteligencia artificial como co-mentor. Por el momento, hemos implementado esta funcionalidad con ChatGPT, y su uso requiere estar en posesión de una cuenta *premium* para el servicio.

Algunos de los gráficos usados en la plataforma (las imágenes de robots, y la estrella), son ilustraciones vectoriales en formato *svg* creadas por el asistente de inteligencia artificial ChatGPT.

### *1.3.3 Fase de implementación*

En esta última fase hemos implementado de manera práctica algunas de las actividades propuestas con dos grupos de alumnos de primero de ESO, de las que hemos obtenido diversas muestras de obras de arte generativo, y un diario de observaciones.

## **2. Marco Teórico**

Pese al enfoque en el ámbito educativo de este trabajo, creemos que el tema a investigar, esto es, los modelos de lenguaje y de Inteligencia Artificial generativa, merecen también una comprensión profunda de su parte técnica a la hora de emitir recomendaciones fundadas sobre las mismas. Así, hemos dividido este marco teórico en tres áreas diferenciadas: la técnica, que incluye autores como Turing o McCarthy, considerados el génesis de los estudios en Inteligencia Artificial y Computacional; la normativa, que incluye recomendaciones y manuales de organizaciones como la UNESCO; y la educativa, que comprende investigaciones recientes sobre la IA en materia educativa y psicológica, así como ejemplos del uso educativo y sinérgico que pueden tener tecnología y Arte.

### **2.1 La Inteligencia Artificial**

#### *2.1.1 Fundamentos y orígenes técnicos de la Inteligencia Artificial*

La concepción de una máquina pensante con la que podamos interactuar existe casi desde los albores de la historia de la informática: tras la II Guerra Mundial, varios científicos como Turing o Von Neumann empiezan a dar los primeros pasos en la construcción de máquinas de cálculo digitales y programables, que han evolucionado en los ordenadores de hoy en día. Al mismo tiempo, empiezan a teorizar sobre el potencial uso y aplicaciones de estas máquinas más allá de la teoría abstracta de la década de 1930, y pronto surgen conceptos y propuestas como el estudio del lenguaje, la máquina que aprende por sí misma, y la interacción entre humano y máquina. Algunas de estas ideas dan lugar al concepto de Inteligencia Artificial a finales de los años 1940.

Turing, 1948, conjetura sobre una suerte de *maquinaria inteligente* a partir de varios modelos, en esta época principalmente teóricos, de *máquinas* computacionales. Estas *máquinas* son sobre todo experimentos abstractos que tratan de ahondar en problemas matemáticos complejos, como el problema de la parada o el teorema de la incompletitud de Gödel (1931). En la década de 1940 se materializan las investigaciones de décadas previas de Turing (1937), Church (1936), y Von Neumann (1945) que teorizaban sobre aparatos de computación que podían resolver de manera extremadamente rápida ciertos problemas matemáticos, y que podían realizar cierto tipo de algoritmos. Estas máquinas serían el precursor de los ordenadores modernos. En Turing (1948) el ejemplo más prominente de estos es ENIAC (*Electronic Numerical Integrator And Computer*, Computador e Integrador Numérico Electrónico), uno de los primeros ordenadores digitales, que ocupaba una habitación entera, y que drenaba unas cantidades de energía exorbitantes (Goldstine, 1946).

Llegados al punto en que la tecnología permite la construcción de los primeros ordenadores, empieza a surgir la necesidad de interactuar con ellos, y de formular adecuadamente los problemas que se pretenden resolver. Una de las respuestas a este problema es observar el comportamiento humano, el razonamiento y el procesamiento de la información en aras de extrapolarlo a la máquina. Turing (1948) teoriza sobre ciertas maneras de adaptar ciertos tipos de máquinas abstractas para que su funcionamiento y su forma de resolver problemas se asemeje a la inteligencia humana. Especialmente, habla sobre cómo se podrían construir sistemas que *aprendiesen* de manera análoga a como un niño pequeño adquiere ciertos conocimientos instintivos, y a través de un sistema de *castigo* y *recompensa*. Formula además ciertas composiciones de estos sistemas, en los que las unidades elementales de procesamiento son denominadas *neuronas*. Además, Turing indica ciertos campos en los que esta *maquinaria inteligente* que aprende de manera autónoma puede ser extremadamente útil: juegos de estrategia como el ajedrez, el aprendizaje y traducción de lenguas, criptografía, y matemáticas.

Algunos años más tarde, McCarthy *et al.* (2006) describen una propuesta para la realización de una serie de proyectos de investigación durante el verano de 1956, todos relacionados con la Inteligencia Artificial. Podemos destacar algunas de las ideas y vías de estudio que los diferentes autores proponen en relación en el tema.

De cara a este proyecto de investigación, Shannon muestra interés, por ejemplo, en el estudio de modelos matemáticos sencillos que tomen como referencia las estructuras cerebrales para definir autómatas (máquinas abstractas con capacidad de cómputo) (McCarthy *et al.*, 2006).

Minsky, por su parte, se interesa en los tipos de máquinas que se pueden entrenar para realizar una tarea determinada a través de un entrenamiento de prueba y error, similar al descrito en Turing, 1948 (McCarthy *et al.*, 2006).

McCarthy, a quien a veces se considera el padre de la IA, pretende estudiar la posibilidad del uso de lenguajes naturales por parte de las máquinas a través de la Inteligencia Artificial. Argumenta que los lenguajes naturales permiten un razonamiento abstracto de un orden superior al de los lenguajes formales (McCarthy *et al.*, 2006).

Observamos pues, que, al menos el concepto teórico y las conjeturas sobre la posibilidad de una Inteligencia Artificial de la mano de las ciencias de la computación, así como sus fundamentos principales y las áreas en las que destacan, no son una novedad, al menos en el ámbito técnico. De hecho, tanto en Turing (1948) como en McCarthy *et al.* (2006) notamos el uso de varios términos y jerga técnica que sigue presente en la literatura técnica del campo de la Inteligencia Artificial en la época contemporánea (*red neuronal, aprendizaje automático, Inteligencia Artificial*, etc.). Podemos afirmar, apoyándonos en este precedente histórico, que el campo de la Inteligencia Artificial es casi tan antiguo como la propia historia de la computación digital, y que su popularización desde el año 2022 en el ámbito cotidiano no constituye un descubrimiento novedoso, sino que una serie de factores técnicos, tecnológicos, económicos han permitido materializar de manera comercialmente viable el fruto de investigaciones y ciencia que viene desarrollándose desde hace más de setenta años.

Creemos que es también necesario abordar el concepto de inteligencia en relación con la máquina, y qué exactamente entraña la Inteligencia Artificial. McCarthy (s.f - a), hace una pequeña síntesis divulgativa sobre la naturaleza técnica y capacidades reales de la IA. Esclarece en primer lugar algunas preguntas sobre el significado del concepto de *inteligencia*, aludiendo principalmente a que está intrínsecamente ligado, al menos por el momento, a la inteligencia humana, y, por tanto, es complicado afirmar sin lugar a duda si una máquina posee algún tipo de inteligencia que se diferencie de la nuestra. Esto da lugar a preguntarse si la IA intenta emular la mente y razonamiento humano, a lo que McCarthy responde que no en todos los casos es necesario aplicar métodos propios de la mente humana en la investigación en IA. Por ejemplo, en contraste con el cerebro humano, los ordenadores son capaces de una capacidad de cálculo muy superior y mucho menos propensa al error que la humana, y las mismas características se pueden aplicar a la memoria de la máquina, que es precisa y vasta. Sin embargo, características como el lenguaje, o la distinción de formas geométricas, que los niños pequeños alcanzan rápidamente, es muy compleja de conseguir en los ordenadores.

McCarthy afirma que la investigación en IA tiene por objeto que la máquina alcance un nivel de inteligencia similar al humano, para que los ordenadores puedan resolver problemas y alcanzar metas a la par con la humanidad, aunque reconoce que muchas de las personas que investigan en IA tienen objetivos menos ambiciosos. Cree que, para alcanzar este punto, no solo hay que tener en cuenta la capacidad de computación de los ordenadores – de hecho, argumenta que la capacidad tecnológica necesaria lleva varias décadas estando disponible, y que el principal problema es la forma de programar ordenadores para la IA–, sino que el campo de la IA necesita todavía descubrir ciertos pilares fundamentales. Habla también de *máquinas infantiles*, que podrán aprender a través de la observación y la lectura, y que augura que será posible en el futuro (esta idea parece trascender el concepto normal de *machine learning*, pero es muy similar). También deja notar que hay voces discordantes entorno a la idea de la IA: tanto filósofos como científicos de la computación tienen ciertos reparos al imaginar una máquina con las capacidades de razonamiento e inteligencia que puedan suponer un rival para la humanidad.

A su vez, McCarthy expone también algunas de las ramas de estudio en la IA – como el reconocimiento de patrones, la lógica, la visión computacional, el aprendizaje a partir de la



experiencia, o la programación genética–, y de sus posibles aplicaciones: juegos como el ajedrez, reconocimiento del habla, comprensión de lenguajes naturales, o sistemas expertos.

De todo lo expuesto se desprende que la popularización reciente de los servicios de IA son fruto de un estudio largo, y cuyas metas y aplicaciones prospectivas no han cambiado realmente desde que Turing las enunciara. Algunos de los usos de la Inteligencia Artificial que más tracción mediática reciben hoy en día son, en efecto, el manejo del lenguaje natural (tanto el uso, comprensión, y traducción de este) – que están presentes en los LLM como GPT–, la visión computacional y generación de imágenes – con DALL-E o Midjourney– o el auto aprendizaje de la máquina.

También podemos destacar que se ha producido una cantidad considerable de debate en torno a la ética y moralidad de una máquina inteligente, y a las implicaciones que podrían darse de existir. Sin embargo, socialmente encontramos que la sorpresa, los conflictos y las situaciones ambiguas (tanto legales como éticas) envuelven a la IA: nos parece que todo este bagaje técnico y académico ha pasado desapercibido para la mayoría de los actores sociales, políticos y económicos, relegado probablemente a un espacio de curiosidad divulgativa o ciencia ficción. No es sino ahora que nos hallamos con productos rentables que empiezan a cumplir las predicciones anunciadas hace setenta años, que la sociedad global se enfrenta a una carrera por determinar cuestiones que quizá ya se propusieron, ponderaron y resolvieron en algún momento del pasado.

### *2.1.2 Retrospectiva: tecnología y sociedad*

Una vez hemos analizado cómo la aparición de los sistemas de IA de consumo general ha impactado en la sociedad, y en especial en los ámbitos educativos y académicos, nos parece que podemos establecer ciertos paralelismos históricos con el auge de otras tecnologías que han transformado el panorama social y escolar a lo largo del tiempo, y en especial en los últimos trescientos años.

Sin duda, una de las tecnologías decisivas y disruptivas para el desarrollo humano, si no la que más, es la abstracción del lenguaje – tanto en imágenes, escritura o matemáticas. La posibilidad de plasmar el lenguaje en un formato gráfico ha permitido el desarrollo de sociedades y civilizaciones avanzadas en todos los sentidos, y nos ha permitido obtener dominio sobre el lenguaje, que es una de las características que nos definen como especie. Es, todavía hoy, a través de la escritura que nos podemos comunicar con la máquina, y, a través de la escritura que se comunica la Inteligencia Artificial. La popularización de la escritura no estuvo exenta, sin embargo, de controversia: parece que el propio Sócrates, según recoge Platón (2014) en *Fedro* (274c-277a y 279b-279c) se posicionó en contra del uso de esta, argumentando que perjudicaría a la habilidad de memorizar de las personas, haciéndolas más perezosas y menos inteligentes.

A principios del siglo XIX, podemos destacar los movimientos luditas en Europa, que presentaban una reacción a la mecanización del trabajo auspiciada por la revolución industrial. Estos movimientos consideraban que el uso de maquinaria que sustituyese la fuerza de trabajo humana iba contra la ética y la moral, y destruían esta maquinaria industrial en su labor activista.

Este sentimiento parece resurgir a lo largo de estos tres últimos siglos en una u otra medida con el advenimiento de las diferentes revoluciones tecnológicas, y hoy en día, podemos ver cierto auge en los discursos anti-máquina, ocasionados, sobre todo por la sustitución de humanos por IA en algunos sectores. (de la Fuente, 2004)

En el campo de las artes es central la crisis que supone también en el siglo XIX la llegada de la fotografía, sobre todo cómo afecta la pintura. Se puede argumentar que la popularización y el abaratamiento de costes de la fotografía a finales del siglo XIX intervienen de forma directa en la aparición del impresionismo, desde el que podemos trazar una línea directa hasta el arte de vanguardia, y posteriormente contemporáneo. En el contexto actual, la Inteligencia Artificial protagoniza un cambio de la misma magnitud en el mundo del arte, envuelta en polémicas similares a las que se enfrentara la fotografía. (Gombrich, 1997)

En el ámbito de la informática, sin embargo, no es sino hasta los años 1990 y la llegada de Internet que observamos una reacción social de la magnitud de las anteriores: desde el final de la II guerra Mundial y hasta mediados de los años 2000, los avances tecnológicos y científicos han sido recibidos socialmente con los brazos relativamente abiertos, pues son los indicadores del ansiado *progreso* que profetiza el sistema capitalista. Sin embargo, la burbuja de las *punto com*, la proliferación de las estafas, y en general la naturaleza indómita y difícil de regular que caracterizan a la red – propiciando el anonimato, la hiperdifusión de la información y la sensación de impunidad que puede ofrecer la pantalla–, han extendido un discurso por parte de autoridades y expertos en el que se aconsejan cautela y prudencia al navegar por la red. (Martínez, 2009)

## 2.2 Educación e Inteligencia Artificial

### 2.2.1 Recomendaciones institucionales para con la Inteligencia Artificial

Una vez hemos explorado la historia de la IA desde un punto de vista técnico, nos parece necesario revisar la normativa y cómo discurre el discurso político y regulatorio a cerca de la IA, tanto en un contexto global como nacional. A escala internacional no hay todavía regulación sobre esta materia (ni está claro que vaya a haberla en un futuro cercano). A escala nacional no existe todavía legislación, aunque el actual Gobierno ha tomado algunas medidas al respecto, la más importante de ellas la creación de la Agencia Española de Supervisión de Inteligencia Artificial (AISA). Por su parte, el Parlamento Europeo ha aprobado recientemente una ley regulando el uso de la IA (primera en el mundo), que España tendrá que implementar en los próximos años.

Desde el año 2019, la UNESCO ha estado desarrollando un corpus de recomendaciones en torno a la Inteligencia Artificial, en conferencias y cumbres que involucran a diversos actores como gobiernos, agencias internacionales, ONG y empresas. En el año 2019 se publica el *Consenso de Beijing sobre Inteligencia Artificial y educación*, un documento que aborda recomendaciones en multiplicidad de ámbitos relacionados con la IA en educación (desde financiación y regulación por parte de los Estados, hasta la necesidad de que las empresas tengan en cuenta la equidad de género al desarrollar estas tecnologías). Este documento sienta las bases para muchas de nuestras propias recomendaciones:



11. Considerar también la posibilidad de introducir nuevos modelos para impartir educación y formación en diferentes instituciones y entornos de aprendizaje que puedan verse facilitados por el uso de la inteligencia artificial, en beneficio de diferentes interesados, como los estudiantes, el personal docente, los padres y las comunidades. (UNESCO, 2019, p. 32)
14. Conocer las tendencias en cuanto al potencial de la inteligencia artificial para apoyar el aprendizaje y las evaluaciones del aprendizaje . . . Considerar la posibilidad de aplicar las herramientas de inteligencia artificial disponibles o elaborar soluciones de inteligencia artificial innovadoras . . . (UNESCO, 2019, p. 32)
18. Tener en cuenta la aparición de un conjunto de competencias básicas sobre inteligencia artificial necesarias para una colaboración eficaz entre el ser humano y la máquina, sin perder de vista la necesidad de competencias fundamentales como la alfabetización y la aritmética. (UNESCO, 2019, p.33)

La preocupación por un uso ético y responsable de la Inteligencia Artificial llevó a la UNESCO a adoptar en su 41º Conferencia General la *Recomendación sobre la Ética de la IA* en 2021, un documento más extenso que desarrolla la investigación y resoluciones de la organización en este tema. Divide las recomendaciones en varias áreas de políticas, de las cuales la octava trata la educación e investigación, bastante breve:

10. Los Estados Miembros deberían colaborar con organizaciones internacionales, instituciones educativas y entidades privadas y no gubernamentales para impartir al público de todos los países, a todos los niveles, conocimientos adecuados en materia de IA, a fin de empoderar a la población y reducir las brechas digitales y las desigualdades en el acceso a la tecnología digital resultantes de la adopción a gran escala de sistemas de IA. (UNESCO, 2022, p. 34)
106. Los Estados Miembros deberían elaborar, de conformidad con sus tradiciones y programas de educación nacionales, planes de estudios sobre la ética de la IA para todos los niveles y promover la colaboración cruzada entre la enseñanza de competencias técnicas de IA y los aspectos humanísticos, éticos y sociales de la educación en IA. . . . (UNESCO, 2022, p. 35)

En el contexto nacional destaca la guía de buenas prácticas para la utilización de sistemas de IA publicada por el Ministerio de Cultura en febrero de 2024. Este documento es muy breve, pero se posiciona en cuestiones como la autoría y los derechos de propiedad intelectual a los que están sujetas las producciones de sistemas de IA, la preferencia de la producción humana frente a la exclusivamente generada por IA – abogando por el uso de estos sistemas como apoyos creativos y herramientas–, así como la necesidad de informar del uso de IA si lo hubiere en cualquier producción dirigida a convocatorias del Ministerio (Ministerio de Cultura, 2024). En este documento, el Ministerio se posiciona también a favor del uso de la IA como herramienta en tareas creativas, y nota el potencial artístico que puede derivar de su uso:

Estos sistemas y modelos de inteligencia artificial deben servir para ofrecer nuevos lenguajes y herramientas tanto a las personas creadoras para su expresión artística como al resto de personas que trabajan en el sector cultural como instrumento para el

desarrollo y la digitalización de procesos, sin menoscabar el impulso, promoción y protección que el sector requiere. (Ministerio de Cultura, 2024, p. 1)

En materia de regulación legal no encontramos todavía ninguna ley específica que atienda a los retos de la Inteligencia Artificial. Como hemos mencionado, existe un proyecto por parte de la Unión Europea en estado bastante avanzado, aunque todavía no ha entrado en vigor – en marzo de 2024 la el Parlamento Europeo adoptó la *Ley de Inteligencia Artificial*, y a finales de mayo ha sido aprobada por el Consejo de la UE, una regulación extensa de la Inteligencia Artificial en la Unión, que hace especial hincapié en el uso ético de esta tecnología, y la protección de los datos de la ciudadanía, que todavía no ha entrado completamente en vigor.

Esta ley atiende sobre todo a cuestiones sobre la puesta en servicio y prohibición de ciertos sistemas y usos que se le podrían dar a la IA – por ejemplo, se prohíben usos que conlleven *riesgos inaceptables* como los sistemas de **puntuación social**–, y establece obligaciones y responsabilidades para los desarrolladores y proveedores de estos sistemas. Esta ley, aunque de manera indirecta es posible que afecte enormemente al campo de la educación, no se pronuncia ni hace alusión a la posición que deben adoptar o usos que deben hacer los centros educativos y docentes ante los servicios de IA (aunque se consideran sistemas de *alto riesgo*, sujetos a una regulación estricta aquellos que intervengan en la admisión, evaluación, y supervisión del alumnado) (FLI, 2024).

En todas estas regulaciones y recomendaciones notamos una postura imperante en torno a la Inteligencia Artificial por parte de organizaciones internacionales y del Gobierno: la Inteligencia Artificial no es nociva en primera instancia, y su uso como herramienta se considera de manera muy positiva. Todas estas instituciones parecen alineadas en la consideración de la IA como un añadido muy positivo a la actividad humana, y que esperan que aumente tanto la productividad como diversidad de ideas y metodologías de trabajo. Sin embargo, reconocen que estos sistemas pueden ser usados en detrimento del común de la sociedad, y que pueden llegar a ser muy peligrosos si quedan sin regular estrictamente. También, estos organismos advierten ciertas limitaciones y consideran las controversias y nuevos problemas que ocasiona la llegada al mercado de consumo de los sistemas de IA, como las infracciones de derechos de autor, las suplantaciones de identidad, o la divulgación de desinformación.

Aunque, como advertimos, todavía no hay una regulación legal a nivel europeo ni nacional, se han empezado a dar los primeros pasos en la construcción de marcos de referencia, y la creación de agencias y organizaciones que supervisen el desarrollo de los sistemas de IA y aboguen por su uso ético y responsable.

### *2.2.2 Recursos y propuestas para el uso de la Inteligencia Artificial en educación*

Tras recabar información técnica e institucional sobre la Inteligencia Artificial, nos parece muy importante volver al panorama educativo para explorar las opiniones y estudios en torno a estos sistemas. Mientras que, tanto en el apartado técnico como en el regulatorio, encontramos cierta homogeneidad en las opiniones y posiciones frente a la Inteligencia Artificial (en general, a favor, pero aconsejando prudencia), en el ámbito académico, y especialmente docente, hay

mucha más diversidad, desde completos detractores de la IA hasta partidarios acérrimos de su uso en el aula.

El advenimiento de los sistemas de Inteligencia Artificial en los centros educativos, especialmente de los sistemas más populares hoy en día – *chatbots* como ChatGPT o generadores de imágenes como DALL-E– suscita muchas preguntas para las que no tenemos una respuesta inmediata, y a las que la comunidad educativa tendrá que dar solución en los próximos años. Giannini (2023) nos presenta una situación global en la que los sistemas educativos están abogados a cambiar, ya sea por rechazo o adopción de los sistemas de Inteligencia Artificial: la popularización y acceso indiscriminado a estos sistemas ya no es un escenario teórico, sino una realidad tangible. Surgen cuestiones como “¿Sería prudente entregar milenios de conocimiento a unas máquinas que parecen capaces de aprender y actuar más allá de los límites establecidos por los humanos?” (Giannini, 2023, p. 2), que recuerdan a algunas de las ideas de Turing (1950), o algunas de las historias de Isaac Asimov – uno de los autores más destacados de la ciencia ficción del siglo XX, cuyas obras se caracterizan por su discurso filosófico profundo y reflexión sobre qué nos hace humanos. El planteamiento de esta pregunta de manera seria y en un contexto literal, fuera de la filosofía o del mero experimento mental, destaca el salto tecnológico y revolucionario que supone la llegada de los LLM a la vida cotidiana.

Por otra parte, Giannini (2023) hace hincapié también en las relaciones que están empezando a establecer entre usuario y máquina, y a señalar que estos sistemas están influenciados por ciertos sesgos humanos y no son neutros: “La tecnología nunca es ideológicamente neutra. Exhibe y privilegia determinadas visiones del mundo y refleja formas particulares de pensar y conocer. Los nuevos modelos y servicios de IA generativa no constituyen una excepción.” (Giannini, 2023, p. 3). La capacidad de los modelos de lenguaje para compilar, reformular y confeccionar respuestas únicas y personalizadas a nuestras preguntas pueden llegar a convertir estos sistemas en una suerte de oráculo moderno.

Nos resulta muy interesantes también los efectos psicológicos que estos modelos de lenguaje pueden llegar a tener en la sociedad y la educación una vez sean omnipresentes. La UNESCO acogió un panel relacionado con esta cuestión en su 42º Conferencia General en el contexto del Día Mundial de la Filosofía 2023, titulado *AI, a tool for mental healthcare?* Uno de los puntos a tratar fue la relación humano-máquina, y su posible evolución. Hoy en día, los modelos de lenguaje con los que interactuamos, como *ChatGPT*, se basan en texto, y el dominio del lenguaje que han alcanzado ha propiciado que nos comuniquemos con la máquina como si fuese una persona: la mayoría de las veces no ordenamos a la IA que realice una tarea, sino que se lo pedimos *por favor*, le damos las gracias, y saludamos al iniciar conversaciones, e incluso llegamos a enfadarnos. Esta relación emergente entre robot y persona nos suscita cuestiones similares a Giannini (2023): ¿es posible que lleguemos a crear un nuevo Dios a partir de la IA, un oráculo omnisciente cuya respuesta sea acatada sin rechistar?

Aunque esta pregunta nos parecía, a priori, algo sensacionalista, nos pareció interesante formularla en esta conferencia, esperando que los expertos la desmintiesen. Sin embargo, estuvieron de acuerdo en que esta posibilidad es plausible a medio plazo, y recalcaron que debe haber

una educación sólida en el uso y naturaleza de los sistemas de Inteligencia Artificial para evitar estas situaciones.

Sin desestimar la utilidad de los sistemas de IA como una herramienta, Giannini (2023) hace un alegato por el lugar central que, en su opinión, la humanidad debe ocupar en la producción y difusión del conocimiento: “No podemos permitir que nuestros diversos sistemas de producción de conocimiento se atrofien, y debemos evitar que la creación de conocimientos se desvincule de los seres humanos” (Giannini, 2023, p. 3). En cuanto a la introducción de la IA en los sistemas educativos y sus currículos, Giannini (2023) aboga por la prudencia, así como un estudio y reflexión de los efectos que pudiese tener, aludiendo a la rapidez con la que estos sistemas se están incluyendo en el aula sin control o normativa. A su vez, hace cierta crítica hacia gobiernos e inversores, que, en su opinión, están potenciando y financiando las tecnologías de IA sobremanera, mientras que los presupuestos en educación caen:

Aunque es fácil entusiasmarse con las máquinas que saben leer y escribir, las personas que saben leer y escribir siguen siendo mucho más importantes. Hoy, en los albores de nuestra era de la IA, más de 700 millones de personas son analfabetas. (Giannini, 2023, p. 8)

En el polo opuesto de esta postura encontramos a autores como Edwards y Cheok (2018) que proponen en *Why Not Robot Teachers: Artificial Intelligence for Addressing Teacher Shortage* (¿Por qué no profesores-robot?: Inteligencia Artificial para resolver la escasez de profesores) un proyecto de robot-profesor dotado de una Inteligencia Artificial capaz de dirigir una clase por sí mismo. Esta propuesta surge como respuesta a una problemática que argumentan que se viene dando al menos desde la década pasada, tanto en los Estados Unidos como a nivel global: la escasez de profesores humanos.

A juicio de estos autores, las ventajas de un robot-profesor sobre un profesor humano, son las que han llevado desde la revolución industrial a la automatización de tareas y procesos: puede trabajar sin cansarse, es más barato de mantener que una persona, no necesitan vacaciones ni bajas, a lo que se añade la ingente capacidad computacional de estas máquinas, que procesan información de manera mucho más rápida y pueden almacenar un vastísimo conocimiento sobre las asignaturas en sus memorias. No obstante, también reconocen ciertos aspectos y retos que deben solventar antes de que este robot-profesor sea viable. El más importante de ellos, argumentan, es la falta de *personalidad* de la máquina – que entendemos que se refiere, principalmente, a la facilidad del alumnado para desarrollar una relación personal y de carácter emocional con el sujeto. Este es uno de los puntos en los que se apoyan autores más moderados en cuanto a las relaciones entre IA y humanidad: Giannini (2023) o Innerarity (2024) establecen la diferencia entre máquina y humano principalmente en el plano emocional y en la capacidad de empatía. Uno de los objetivos principales de Edwards y Cheok (2018) es infundir una suerte de personalidad a este robot-profesor.

Para lograr esta meta, la idea de Edwards y Cheok (2018) es muy similar a una de las ideas abstractas que propone Turing (1948) como ejemplo de una máquina que podría aprender por sí misma un robot dotado de capacidad motora, capacidad sensorial para percibir el mundo a su alrededor, y la capacidad mental que estaría encarnada en un ordenador – o un sistema de IA

en la nube, en el caso de Edwards y Cheok (2018). Estos autores proponen exactamente este sistema, usando un pequeño robot de unos 24 cm fabricado por una empresa japonesa, que pretenden integrar con su sistema docente de IA. Predicen, que, con la tendencia de avance tecnológico que se viene produciendo desde los años 2000, en las próximas tres décadas podremos observar cómo la presencia de profesores humanos decrece en los roles educativos en todos los aspectos, desplazados por versiones más avanzadas de máquinas como la que ellos proponen.

En cuanto a estudios sobre el uso práctico de aplicaciones que integran herramientas de IA en el aula, Cruz et al. (2023) presentan un estudio conducido con niños de 7 a 10 años de los efectos de tres aplicaciones diferentes orientadas respectivamente a la mejora de la coordinación motora, al refuerzo de la competencia matemática, y a proporcionar estímulos comunicativos a niños autistas. Además, Cruz et al. (2023) plantean cuestiones sobre la ética, la legalidad, y las implicaciones sociales – que incluyen la preocupación sobre la privacidad de los datos y el acceso equitativo a la tecnología– que supondrán la llegada de la IA al aula.

En cuanto a los ámbitos más destacables en los que la IA está transformando la enseñanza, Cruz et al. (2023) referencian la personalización del aprendizaje, el apoyo al profesorado y el *feedback* automatizado. Recalcan que la personalización del aprendizaje es uno de los beneficios más significativos para la educación. La IA puede apoyar a los profesores en las tareas más rutinarias de la docencia, como pueden ser las burocráticas, la toma de notas, o el análisis de la información. Finalmente, la capacidad de algunos sistemas de IA de proveer al alumno de *feedback* inmediato en relación con su progreso en las asignaturas puede ayudar a la eficacia del aprendizaje y su customización. Cruz et al. (2023) recuerdan, sin embargo, que la IA debe ser usada como una herramienta, y nunca sustituir al docente humano: la eficacia de estos sistemas depende de un uso cuidadoso, estudiado y teniendo en cuenta el contexto del aula, las necesidades que se presentan y los recursos disponibles.

También contamos con estudios estadísticos y cuantitativos que sondean la opinión del alumnado sobre el advenimiento y la importancia de la IA en el aula, como Pratma et al., (2023) o Okulich-Kazarin (2024). De acuerdo con Pratma et al. (2023), la mayoría de los estudiantes encuestados se posicionaban a favor de la importancia del uso de la IA en el proceso de aprendizaje, a favor de la IA como una alternativa al aprendizaje autónomo, y también a favor del uso de la IA como tutores virtuales y asistentes inteligentes. La opinión de los estudiantes respecto a la posibilidad de que la IA suplante a los docentes universitarios es, sin embargo, desfavorable: Pratma et al. (2023) reportan que un 20% de los encuestados estarían de acuerdo si esto sucediera, y tan solo un 10% de los estudiantes están seguros de que esto sucederá en los próximos cinco años, atendiendo a Okulich-Kazarin (2024).

### **2.2.2.1 Casos prácticos**

Tras observar la variedad de opiniones que existen en el seno de la academia en cuanto al uso de sistemas de IA en el aula, y que rozan lo filosófico en ciertos casos, nos parece necesario profundizar en ciertos casos prácticos y concretos de cómo se usan estos sistemas de IA y cómo se implementan algunas propuestas que los involucran en el ámbito educativo.

Encontramos por ejemplo el artículo de Marín-Viadel et al. (2024) *Inteligencia artificial, Goya y el aprendizaje del dibujo. Primeros pasos* que nos resulta muy interesante, pues aborda la cuestión de cómo usar herramientas de Inteligencia Artificial en la enseñanza del dibujo, pero en vez de desarrollar algún tipo de experimento con alumnos, pone a la IA en la piel del educando para estudiar cómo se comporta cuando se le somete a un aprendizaje a partir de los trabajos de Goya.

Nos llama poderosamente la atención en Marín-Viadel et al. (2024) el proceso empleado en el entrenamiento de la Inteligencia Artificial, y la justificación por la que los autores escogen trabajar con el modelo *Stable Diffusion*: principalmente se debe a que es de código abierto – lo que significa que su código fuente puede ser consultado y modificado–, que es posible realizar los entrenamientos en una máquina local – el modelo puede ser descargado y ejecutado en el ordenador propio como cualquier otro programa–, y que permite un amplio control sobre el conjunto de imágenes que usa para este entrenamiento. Estas preocupaciones resultan en un estudio que es buen ejemplo de un uso ético de la Inteligencia Artificial, y que se aleja de las controversias de autoría y propiedad intelectual que, como venimos haciendo notar, son uno de los temas candentes en lo que a generación de imágenes se refiere. Más allá de estos temas, el hecho de que el modelo se pueda ejecutar de manera local puede ofrecer también más privacidad y control sobre los datos personales.

En sus conclusiones, Marín-Viadel et al. (2024) establecen un paralelismo entre el impacto de la IA generadora de imágenes en el mundo del arte con el que tuvieron la fotografía o el cine en siglos pasados, defendiendo que estos sistemas constituyen un medio nuevo de expresión artística. Auguran un futuro en que la calidad de las imágenes generadas crecerá considerablemente. En suma, encuentran que la educación para el uso y la comprensión de la IA es esencial en las enseñanzas artísticas para adaptarse a una realidad vertiginosa:

Desde nuestro punto de vista, lo decisivo es convertirnos y convertir a nuestro alumnado en usuarios activos de la inteligencia artificial, incorporándola de forma colaborativa a nuestras indagaciones sobre el aprendizaje del dibujo y la creación de imágenes visuales. Aprovechar sus posibilidades significa aprender a encauzarlas hacia nuestros objetivos educativos particulares, muy especialmente con entrenamientos específicos sobre los conjuntos de imágenes sobre los que estemos interesados en trabajar. (Marín-Viadel et al., 2024, p. 342)

Por otra parte, podemos encontrar usos de la Inteligencia Artificial al servicio del sistema educativo en la detección precoz del abandono escolar en Argentina (Páez, 2023). Este sistema se implementa en los centros de educación secundaria que así lo solicitan, y mide varias variables, como calificaciones, absentismo, nivel educativo de la familia, y edad de los alumnos. En base a estas variables se calcula un indicador del riesgo que tiene el alumno en cuestión, y, en casos graves, se activan los protocolos de los que dispone el sistema educativo argentino para prevenir el abandono.

Como hemos mencionado previamente, varios autores están de acuerdo en que, en un futuro sistema educativo en el que la IA es omnipresente, será importante educar al alumnado a manejar estas herramientas, es decir, a adquirir una suerte de alfabetización básica en Inteligencia



Artificial. En el ámbito de la educación artística, Cotroneo y Hutson (2023) presentan un estudio en el que varios estudiantes valoran cómo puede intervenir la IA en su trabajo artístico, y cómo deben manejarla para obtener resultados óptimos. La herramienta que utilizan es DALL-E 2, y encontramos especialmente los resultados de las encuestas que los estudiantes cumplieron tras finalizar el estudio: un 60% de los encuestados son partidarios de incluir ejercicios generados por IA en su flujo de trabajo, pero un 66,67% considera que estas herramientas no mejoran el trabajo final; un 46,67% respondieron que seguirían usando herramientas de IA, mientras que el 20% no lo haría (Cotroneo y Hutson, 2023). Este estudio también refleja que los estudiantes tenían ciertos reparos éticos en lo concerniente al uso de la IA con propósitos de generar imágenes, sobre todo auspiciados por polémicas en torno a derechos de autor y al uso indebido (sin permiso) de imágenes para su entrenamiento.

### 2.2.3 Arte, tecnología, y educación

Nos parece útil también ahondar un poco en la convivencia y sinergias que han surgido en el último siglo entre el Arte y tecnología y ciencia – con especial interés en la informática, ya que de esta surge la IA–, para poder comprender cómo puede y está contribuyendo la llegada de la IA generativa al mundo del arte, y cómo este se está adaptando a la novedad. Cabe destacar la influencia de escuelas como la Bauhaus en el desarrollo de metodologías y corrientes que abrazan la unión de técnica, ciencia y arte: el estudio de la sintaxis visual de Kandinski, y la relativa industrialización del arte, así como la estética de esta escuela se ven reflejadas hasta hoy en día en las interacciones entre tecnología y arte. También debemos mencionar metodologías educativas que influyen en varias propuestas docentes que aúnan informática y arte, como el *arte como lenguaje*, o el desarrollo de las competencias *STEAM* (siglas en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte, y Matemáticas).

El uso de ordenadores para crear recursos visuales o audiovisuales – no siempre con una intención artística– ha estado presente desde mediados del siglo XX: la primera imagen creada por ordenador data de 1957 (Newman, 2020).

**Figura 1**

*Primera imagen digital*



*Fuente: NIST (<https://www.nist.gov/news-events/news/2007/05/fiftieth-anniversary-first-digital-image-marked>).*

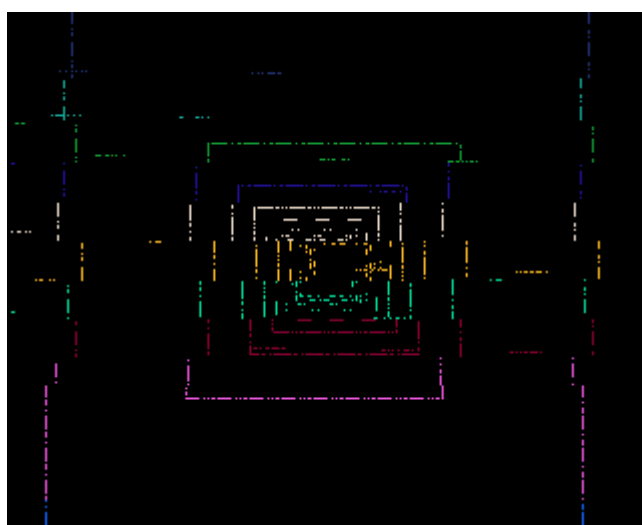
Las posibilidades que ofrece la informática han llamado la atención tanto a artistas, como educadores, y podemos distinguir tres tipos principales de iniciativas en los que a la producción audiovisual por ordenador respecta: las que surgen desde el punto de vista técnico, que buscan investigar las posibilidades y límites del ordenador; los que intentan presentar de una forma atractiva un recurso educativo; y aquellos puramente artísticos, que buscan crear obras a través del uso de estas máquinas.

### 2.2.3.1 Exploraciones técnicas

Estos distintos objetivos muchas veces se entremezclan, y encontramos comunidades y equipos que nacen de las sinergias de individuos con estas aspiraciones: un ejemplo de estas comunidades es la *Demoscene*, una corriente artística y tecnológica que, indudablemente, se centra en la creación de obras audiovisuales digitales, pero pone el foco especialmente en los detalles técnicos de dichas producciones – el peso de los archivos, las líneas de código, los algoritmos usados–, y busca exprimir al máximo las capacidades de los dispositivos para los que han sido creadas las piezas. Uno de los portales más importantes de la *Demoscene* (aunque es una corriente descentralizada) es pouet.net. En España, desde los años 1990 se organiza la convención anual *Posadas Party* en Posadas, Córdoba.

**Figura 2**

*Tunnel Of Glitch, demo de 256 bytes para AMIGA*



Fuente: Pouët (<https://www.pouet.net/prod.php?which=97152>)

La vertiente más técnica de encuentros entre arte (o producciones visuales y audiovisuales), e informática quizá nos interesa un poco menos, pues este trabajo pretende explorar el uso de una tecnología como es la IA en las aulas de enseñanzas artísticas. De la labor pionera de esta comunidad investigadora podemos destacar las primeras imágenes generadas por ordenador, las primeras renderizaciones en 3D, y ciertas simulaciones y proto-videojuegos que han hecho uso de los gráficos por ordenador (Solomon et al., 2020), así como el trabajo de investigación llevado a cabo por las industrias del videojuego y la animación en este campo.



### 2.2.3.2 Informática al servicio del Arte

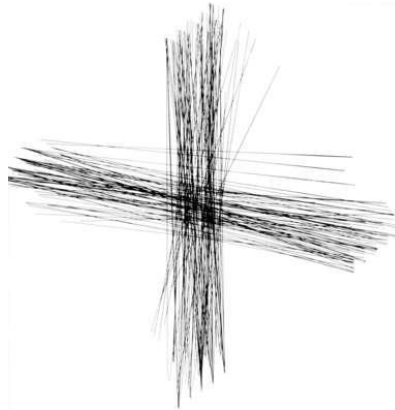
En cuanto a la vertiente puramente artística, es algo más limitada, si consideramos aquellos artistas y obras que usan la tecnología como medio expresivo o formal, más allá de como herramienta. En los años 1960 encontramos exposiciones interesantes como la *Computergrafik*, en la que destaca la obra de Georg Nees, Michael Noll, o artistas como Vera Molnàr, activa hasta su muerte en 2023. También en España destaca el *Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid*, un entorno pionero que puso por primera vez en España el poder de los ordenadores en manos de artistas. Del grupo de artistas emergidos de este grupo destacan, por ejemplo, López Yturralde, Eusebio Sempere o Soledad Sevilla. Estas corrientes que empiezan a surgir a mediados del s. XX toman diversos nombres: *glitch art*, *net art*, arte generativo, arte computacional, *etc.* De una u otra manera, estos artistas se caracterizan por usar el ordenador como la figura central en torno a la que gira la producción de las obras: la pieza final la produce el ordenador, se genera a través de medios informáticos (normalmente código), o incluso se presenta de manera efímera digitalmente, consistiendo la obra en la ejecución del programa. El trabajo del artista se circunscribe al diseño del programa que dará lugar a la obra, bien sea a través de su mano (más común hoy en día), o a través de la colaboración con expertos. El panorama del arte generativo es muy amplio hoy en día, dada la potencia y facilidad de acceso a los dispositivos informáticos, tanto para obtención como su programación, con infinidad de artistas *amateur* que son, en el ámbito profesional, programadores, ingenieros, o provienen de un trasfondo poco artístico *a priori*. Existen varias plataformas como *CodePen*, *ShaderToy* u *OpenProcessing*, populares para diseñar y publicar estos pequeños trabajos, que sirven en muchos casos como ejercicio, o carta de presentación para roles más “serios”.

La exposición *Computergrafik* de George Nees en 1965 fue la primera en el mundo en presentar obras gráficas generadas proceduralmente por ordenador, y plasmadas en papel con un *plotter*, lejos todavía de la popularización de la imagen digital. Algunos meses más tarde en el mismo año Noll y Julesz tendrían la exposición *Computer-Generated Pictures* en Nueva York (Compart, s.f.-a; Compart, s.f.-b). Ambas exposiciones tuvieron poca repercusión, posiblemente dada la novedad de la técnica, y que los grupos interesados en el ordenador en la época son todavía grandes corporaciones industriales y bancarias. Debemos destacar también el papel de Vera Molnàr, una de las primeras artistas en utilizar el ordenador como medio de expresión artística, incluso a principios de los años 1960, desarrolló una técnica en la que, siguiendo ciertas instrucciones formales, ella simulaba ser el ordenador.

Este procedimiento nos parece sumamente interesante, pues emplea de manera formal y técnica los recursos que brinda la tecnología, sin disponer físicamente de la misma – un concepto que Turing (1948) denomina *paper machines* (máquinas de papel) (Proyecto IDIS, s.f.).

### Figura 3

*Andreaskreuz, Georg Nees, 1968*

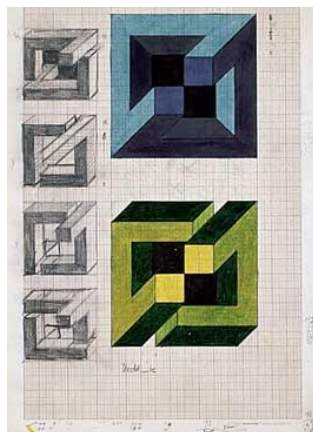


*Fuente: Digital Art Database (<http://dada.compart-bremen.de/item/artwork/440>)*

En España el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid experimentó durante los años 1960 con la automatización e informatización de diversos tipos de procesos: artísticos, arquitectónicos, musicales o médicos, entre otros campos (Biblioteca de la Facultad de informática, s.f.). Yturralde comenta que, en 1968, cuando empezaron a funcionar los primeros seminarios con artistas plásticos, no tenían en general una base científica ni matemática suficiente para operar el ordenador (un IBM 7090) por sí mismos, con lo que tuvieron que contar con ayuda de operadores profesionales. Aun así, debieron familiarizarse con las capacidades de la máquina, y conocer ciertos lenguajes como Algol, FORTRAN o COBOL (Yturralde, s.f.).

### Figura 4

*Figuras imposibles, Yturralde, boceto, 1970. Lápiz y tinta sobre papel, 34 x 24cm*



*Fuente: Yturralde.org (<http://www.yturralde.org/Paginas/Etapas/et03/et0316-es.html>)*

### 2.2.3.3 Entornos de programación educativos

En el ámbito educativo, destacan sobre todo una serie de iniciativas tempranas en la enseñanza de la programación. En 1966 (Solomon et al., 2020) aparece LOGO en el MIT, un lenguaje de programación y entorno de desarrollo orientado a facilitar la enseñanza de la informática a alumnos de Educación Primaria. Es un lenguaje sencillo, que se inspira en LISP, uno de los lenguajes de programación más antiguos de la historia, y provee al usuario de ciertos aspectos que lo hacen atractivos para la enseñanza, y también para la producción de obras visuales. Uno de los aspectos más populares de este lenguaje son los gráficos de tortuga, que consisten en un pequeño robot (físico o virtual) que tiene la capacidad de dibujar líneas y desplazarse libremente en el espacio. LOGO también ha sido uno de los lenguajes usados durante la década de 1970 para la investigación de la Inteligencia Artificial. También es muy destacable el proyecto *Processing*, un lenguaje y entorno de *software* enfocado a la enseñanza de la programación, con un enfoque especial en las artes y lenguajes visuales (Processing, s.f.). El ecosistema de *Processing* es uno de los más utilizados hoy en día en el ámbito del *creative coding* (programación creativa): uno de los mayores exponentes de este campo es Daniel Schiffman con su proyecto *The Coding Train* (The Coding Train, 2023), que crea este tipo de obras en vídeo.

**Figura 5**

*Un patrón de 20 círculos superpuestos en IBM LCS LOGO v1.0*



*Fuente: Wikimedia Commons ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IBM\\_LCSI\\_Logo\\_Circles.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IBM_LCSI_Logo_Circles.png))*

## 3. Marco Metodológico

### 3.1 Propuesta de Innovación Docente: P.A.C.O, el robot dibujante

Nuestra propuesta para introducir recursos de Inteligencia Artificial en el aula de Educación Plástica, Visual y Audiovisual se concreta como un proyecto de innovación docente en recursos, especialmente en recursos digitales. Hemos diseñado un entorno virtual en forma de sitio web en el que los alumnos pueden experimentar de manera segura y adaptada, fuertemente inspirado por LOGO, y *Processing*. Este sitio web hace las veces de contenedor y guía accesible para los recursos desarrollados: un intérprete de un lenguaje de programación muy simplificado que permite al usuario describir imágenes bidimensionales a base de líneas y puntos, y un asistente de Inteligencia Artificial basado en *ChatGPT* con conocimientos sobre el lenguaje, que actúa como un tutor virtual. Además de presentar estos recursos, proponemos algunos ejercicios para su uso en la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual de 1º de ESO, en el ámbito del estudio de la geometría euclidiana y la competencia digital.

El sitio web de la plataforma P.A.C.O (Programa Automático de Chapuzas por Ordenador) se encuentra alojado en [www.ars-chromatica.art](http://www.ars-chromatica.art), y su código fuente, bajo licencia MIT se puede consultar en <https://github.com/uri-nyx/PACO>. Es posible también descargar los archivos de la plataforma para usarla de manera local, ya que, excepto el tutor virtual, su uso no requiere de conexión a internet.

La implementación de la plataforma y el sitio web hacen uso de varias bibliotecas y recursos gráficos de código abierto, así como algunos archivos vectoriales generados por el servicio *ChatGPT* (el logotipo principal de la página en varias versiones).

#### 3.1.1 Objetivos de la propuesta

El objetivo principal de la propuesta, en línea con el objetivo general de este trabajo es proponer un recurso didáctico que permita al alumnado, desde el área de Educación Plástica, Visual y Audiovisual, conocer algunas maneras de integrar el arte con las ciencias, la tecnología, y las matemáticas.

Para alcanzar este objetivo principal, establecemos los siguientes objetivos específicos:

1. Adaptar a las necesidades lingüísticas y simplificar un intérprete del lenguaje de programación LOGO.
2. Desarrollar el pensamiento lógico-matemático, divergente, y lateral.
3. Afianzar contenidos relacionados con el lenguaje visual y la geometría plana (elementos de dimensión 0, 1, y 2).
4. Tener un primer contacto con el arte generativo.

## 3.2 Contextualización

Esta propuesta atiende a la realidad concreta de los dos grupos de primer curso de ESO del Colegio San Juan Bosco, situado en la avenida de Canalejas de la ciudad de Salamanca. Ambos grupos cuentan con treinta alumnos cada uno, y son bastante diversos en cuanto al nivel socio-económico y la situación familiar. La mayor parte del alumnado se encuentra en la media: una situación familiar estructurada, de clase media, y con un rendimiento académico y comportamiento normales. Sin embargo, distinguimos algunos casos especiales

En 1ºA encontramos varios alumnos de un nivel socioeconómico menor que el resto, y al menos uno de ellos se encuentra bastante desatendido por su entorno familiar. Hay además dos personas que parecen tener mucha facilidad para el razonamiento lógico-matemático: una alumna, que presenta características de socialización estándares, y un alumno que parece tener dificultades para interactuar con sus pares.

En 1ºB encontramos un alumnado mucho más homogéneo y sin gran disparidad. Tan solo una de las alumnas parece presentar cierto retraso del desarrollo.

En cuanto a los recursos tecnológicos del centro, este cuenta con un aula de informática, y todas las aulas están equipadas con ordenador y proyector, aunque sin pizarra digital.

Cabe destacar que el uso de los teléfonos móviles está bastante restringido de acuerdo con la política escolar: si el alumnado los trae a clase, deben ser guardados bajo llave en el aula de referencia, en sendos armarios dedicados a tal efecto.

## 3.3 Marco legal

Desarrollamos esta propuesta para llevarla a cabo en un centro de Educación Secundaria que se encuentra en Salamanca, por lo que nos atenemos a la normativa de educación vigente a fecha de publicación en la Comunidad Autónoma de Castilla y León para su fundamento curricular:

- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria.
- Orden EFP/279/2022, de 4 de abril, por la que se regulan la evaluación y la promoción.
- DECRETO 39/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.

Extraemos del texto del DECRETO 39/2022, p. 49079, en lo concerniente a la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual, los siguientes objetivos:

Desarrolla la creatividad y fomenta mediante el trabajo en equipo, actitudes de tolerancia, cooperación y solidaridad entre las personas y grupos.

La llegada de medios tecnológicos ha contribuido a enriquecer la disciplina democratizando la práctica artística, así como la recepción cultural, por este motivo desde la materia se desarrollan las competencias tecnológicas básicas facilitando la indispensable alfabetización del alumnado en este campo.

Este decreto también desarrolla la relación de esta materia con las dos competencias clave a las que la propuesta se dirige de manera principal: Competencia STEM y Competencia Digital. De la Competencia STEM el decreto, p. 49080, nota: “La geometría plana, la perspectiva y la representación objetiva de las formas permiten la utilización de las proporciones, dimensiones, relaciones, posiciones y transformaciones.”. De la Competencia digital: “Esta materia exige el uso creativo, crítico y seguro de las tecnologías de la información y la comunicación. . .” (p. 49080)

Desarrollamos la Competencia STEM a través de la introducción de un lenguaje de programación adaptado al aula, así como en el uso de este lenguaje para describir formas geométricas y objetos matemáticos simples. De la misma manera incorporamos la Competencia Digital en el empleo en el aula de este lenguaje de programación en una plataforma web específicamente dedicada para el proyecto.

### *3.3.1 Fundamentación curricular de la propuesta*

De acuerdo con los objetivos planteados para este trabajo, buscamos que, tanto los recursos diseñados como las actividades propuestas se adapten a los contenidos y las metodologías que establece la legislación vigente, enfocándonos especialmente en la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual de 1º de ESO. La LOMLOE aboga por una educación competencial, y plantea la Competencia Digital (CD), como una de las competencias clave que el alumnado debe alcanzar al término de la Educación Secundaria Obligatoria. En su preámbulo, la ley expone el desarrollo de esta competencia como un objetivo del sistema educativo:

Con el objetivo de que el sistema educativo adopte el lugar que le corresponde en el cambio digital, se incluye la atención al desarrollo de la competencia digital de los y las estudiantes de todas las etapas educativas, tanto a través de contenidos específicos como en una perspectiva transversal . . . (MECD, 2020, p. 122871)

El comienzo del s. XXI y el momento histórico actual están marcados de manera inequívoca por el cambio social, cultural, económico y político que supone la revolución digital y la transición a una sociedad híbrida que se desarrolla tanto en el espacio físico como en el virtual. El panorama contemporáneo se caracteriza por la abundancia de imágenes e incipiente surgimiento de espacios y foros virtuales, que algunos autores como Fontcuberta (2017) denominan hipermodernidad. En este contexto, creemos que la introducción de la creación de imágenes de manera algorítmica y la interacción con modelos de Inteligencia Artificial a la hora de llevar a cabo estos procesos están a la orden del día.

En el ámbito de la Educación Plástica y Visual, nos parece tema de actualidad y de suma importancia educar en el uso responsable y ético de los recursos de Inteligencia Artificial que

se ponen hoy en día a nuestra disposición, tal como sugieren organismos internacionales y nacionales como la UNESCO, la UE, o el Ministerio de cultura, así como numerosos investigadores y académicos (Giannini, 2023; Innerarity, 2024; Cruz et al., 2023).

Curricularmente esta propuesta está dirigida a educar de manera transversal, desde el área de Educación Plástica, Visual y Audiovisual, tanto en la Competencia Digital como en las competencias STEM — y STEAM. Favorecer la experimentación con la tecnología en un entorno controlado puede permitir al alumnado descubrir diferentes acercamientos hacia la solución de un problema, cómo difiere el uso de diferentes recursos tecnológicos, qué puntos fuertes y flacos presentan, y qué beneficios y sinergias se obtienen al utilizarlos de manera conjunta.

De esta manera, la plataforma P.A.C.O y las actividades que se plantean para su uso, dan un enfoque desenfadado, con un enfoque claro en la exploración de los lenguajes visuales a contenidos propios de las áreas en las que informes como PISA, (OCDE, 2023) reportan más carencias entre el alumnado de nuestro país — Matemáticas y Ciencias, ambas relacionadas con la competencia STEM. Estos contenidos son principalmente la geometría y el razonamiento lógico. Este concepto, pese a que no es novedoso, pues contamos con precedentes como el lenguaje LOGO, o *Scratch*, puede resultar atractivo para el alumnado, dada la caracterización amigable de la plataforma y su componente interactivo. Es, de hecho, el gran nivel de *feedback* e interacción que proporciona la plataforma y el lenguaje P.A.C.O, el motivo por el que creemos que son el recurso idóneo para impartir estos contenidos.

### 3.1.1.1 Contenidos

A continuación, listamos los contenidos que la propuesta tiene por objeto abordar, recogidos en DECRETO 39/2022, pp. 49090 y 49091

- B2. Elementos básicos del lenguaje visual: el punto, la línea y el plano. Posibilidades expresivas y comunicativas.
- B5. La forma. Tipos y sus relaciones en el plano y en el espacio.
- C4. Introducción a la geometría plana. Lugares geométricos. Trazados geométricos básicos.
- C5. Figuras planas, Polígonos. Clasificación y construcción.

### 3.1.1.2 Competencias específicas y criterios de evaluación

De acuerdo con el DECRETO 39/2022. pp. 49089, esta propuesta trata de educar en las siguientes competencias específicas y criterios de evaluación:

**Tabla 1**

*Relación de competencias específicas, criterios de evaluación, y descriptores operativos*

Competencia Específica	Criterios de Evaluación	Descriptores Operativos
CE5: Realizar producciones artísticas individuales o colectivas con creatividad e	5.3: Expresar ideas y sentimientos en diferentes	CD5: Desarrolla aplicaciones informáticas sencillas y soluciones tecnológicas creativas



<p>imaginación, seleccionando y aplicando herramientas, técnicas y soportes en función de la intencionalidad, para expresar la visión del mundo, las emociones y los sentimientos propios, así como para mejorar la capacidad de comunicación y desarrollar la reflexión crítica y la autoconfianza.</p>	<p>producciones plásticas, visuales y audiovisuales, a través de la experimentación con diversas herramientas, técnicas y soportes, desarrollando la capacidad de comunicación y la reflexión crítica sobre el proceso de trabajo.</p>	<p>y sostenibles para resolver problemas concretos o responder a retos propuestos, mostrando interés y curiosidad por la evolución de las tecnologías digitales y por su desarrollo sostenible y uso ético.</p> <p><i>CCEC4:</i> Conoce, selecciona y utiliza con creatividad diversos medios y soportes, así como técnicas plásticas, visuales, audiovisuales, sonoras o corporales, para la creación de productos artísticos y culturales, tanto de forma individual como colaborativa, identificando oportunidades de desarrollo personal, social y laboral, así como de emprendimiento.</p>
<p><i>CE7:</i> Aplicar las principales técnicas, recursos y convenciones de los lenguajes artísticos, incorporando, de forma creativa, las posibilidades que ofrecen las diversas tecnologías, para integrarlos y enriquecer el diseño y la realización de un proyecto artístico.</p>	<p>7.1 Elaborar un proyecto artístico ajustándose a un objetivo propuesto, aplicando las principales técnicas visuales o audiovisuales, mostrando creatividad y valorando las posibilidades que ofrecen las diversas tecnologías.</p>	<p><i>STEM1:</i> Utiliza métodos inductivos y deductivos propios del razonamiento matemático en situaciones conocidas, y selecciona y emplea diferentes estrategias para resolver problemas analizando críticamente las soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario.</p> <p><i>STEM4:</i> Interpreta y transmite los elementos más relevantes de procesos, razonamientos, demostraciones, métodos y resultados científicos, matemáticos y tecnológicos de</p>
	<p>7.2 Conocer los instrumentos del dibujo técnico para la realización de trazados geométricos fundamentales, mostrando destreza manual y experimentando con los distintos medios tecnológicos disponibles.</p>	
	<p>7.3 Dibujar correctamente figuras planas según las normas y criterios de representación del dibujo técnico, elaborando diseños</p>	



	artísticos modulares, basados en el análisis y aplicación de esquemas compositivos geométricos, comprendiendo las posibilidades de la geometría en el arte y aplicándola a sus propias producciones.	forma clara y precisa y en diferentes formatos (gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos...), aprovechando de forma crítica la cultura digital e incluyendo el lenguaje matemático-formal con ética y responsabilidad, para compartir y construir nuevos conocimientos.
--	--	--

*Fuente: elaboración propia*

### 3.1.1.3 Atención a las diferencias individuales

Como hemos mencionado, en los grupos contamos con algunos alumnos de familias de bajos recursos. Por este motivo todas las actividades y retos serán fácilmente realizables tanto en dispositivos móviles como en papel. Es necesario que los equipos formados sean heterogéneos, intentando que los alumnos que comprenden mejor el razonamiento lógico, o que dominan los lenguajes visuales, no se concentren en los mismos grupos. También conviene que los grupos sean diversos en cuanto a género. En el caso de que hubiese alumnos con necesidades específicas en el aula, deberíamos ponernos en contacto con el equipo de orientación del centro, para adaptar esta propuesta de manera específica y personal.

## 3.4 El lenguaje P.A.C.O

Este recurso, al que hemos llamado P.A.C.O (Programa Automático de Chapuzas por Ordenador), integra herramientas de IA generativa actuales, y se inspira en una tradición antigua de lenguajes de programación y recursos tecnológicos para la enseñanza, que también han tenido un impacto notable a lo largo del siglo XX en la investigación sobre Inteligencia Artificial, como LOGO y LISP. Este recurso se presenta en una página web pública, que puede ser descargada – lo que permite usar la herramienta de una manera segura y controlada en el aula–, y cuyo código fuente se ofrece bajo una licencia *open source* que permite su lectura, modificación y redistribución, lo que nos acerca más a ciertos estándares éticos. En cuanto a la eticidad del recurso, cabe destacar que se han usado los servicios que proporciona la empresa OpenAI para crear un *chatbot* personalizado – esto conlleva que, al externalizar una parte del recurso, no podemos controlar todos los factores que intervienen en el mantenimiento y entrenamiento de este modelo, que pueden implicar prácticas que van contra la ética de la Inteligencia Artificial en la que nos venimos apoyando, y que, en ningún caso condonamos, como pudieren ser uso de materiales para el entrenamiento del modelo sin permiso de sus autores, o la huella de carbono que esta empresa pudiese generar en el proceso. Hemos barajado el uso de otras alternativas equivalentes a los servicios de OpenAI, como el uso del modelo Stable Diffusion, que tiene una licencia de código abierto y puede ser desarrollado de manera local. Sin embargo, estas alternativas requieren una experiencia técnica mayor, y una infraestructura más costosa para su mantenimiento.

El lenguaje P.A.C.O es un lenguaje de programación sencillo que semánticamente constituye un subconjunto no estricto del lenguaje de programación LOGO, en concreto de las instrucciones para el control de los gráficos de tortuga. Sintácticamente es también muy parecido a LOGO, aunque cabe destacar que todas las palabras reservadas del lenguaje se han traducido al español – y, para hacerlo más atractivo y menos intimidante a ojos del alumnado, de una manera coloquial. En cuanto a capacidad computacional, hemos diseñado este lenguaje de manera deliberada para evitar que sea Turing Completo – o universal, como el propio Turing, 1948, define a las máquinas capaz de resolver todos los problemas que una Máquina Universal de Turing (y, en consecuencia, que un ordenador actual) puede resolver–, sino que equivale a un autómata de estado finito determinista (regular tipo-3 en la jerarquía de Chomsky, 1956). Esta categorización técnica es importante, ya que establece una relación directa entre el lenguaje, su complejidad y la dificultad de su aprendizaje: a grandes rasgos, una persona adulta podría aprender a programar en P.A.C.O en el transcurso de unas pocas horas, y para el alumnado de primero de la ESO no será mucho más complicado. Las limitaciones formales del lenguaje impiden, por ejemplo, formular programas que no terminen, programas cuyo resultado dependa de variables aleatorias o introducidas por un usuario, o incluso que su ejecución pueda ser determinada de manera condicional. En otras palabras, P.A.C.O es un lenguaje puramente descriptivo, que permite describir imágenes en un plano.

### *3.4.1 Especificación formal del lenguaje*

Aunque es simple y usa palabras coloquiales, P.A.C.O es un lenguaje formal, en el sentido matemático de la palabra, con reglas estrictas de semántica y sintaxis. A continuación, especificamos las reglas formales que debe seguir un programa de P.A.C.O para ser correcto. Un programa correcto debe producir siempre un resultado igual, mientras que un programa mal formado producirá un resultado indefinido (un error, diferentes imágenes en diferentes instancias, o la interrupción del funcionamiento normal de la plataforma entre otros).

El alfabeto formal del lenguaje lo constituyen:

1. Las palabras reservadas.
2. Los dígitos arábigos.
3. Los nombres de los colores reconocidos por la implementación.
4. Los símbolos [ , ], . , - , y #.

La gramática formal del lenguaje, en formato EBNF es la que sigue:

```

programa = { orden } ;
orden = orden_sin_parametro
| orden_con_parametro, numero
| ( "repite" | "rep" ), numero, "[", { orden }, "]" ;
ordenes_con_parametro = "palante" | "pal"
| "patrás" | "pat"
| "derecha" | "dcha"
| "izquierda" | "izda"
| "grosor" | "gro"

```

```

| "color" | "col" ;
ordenes_sin_parametro = "esconde" | "esc"
| "enseña" | "ens"
| "punto" | "pt"
| "levanta" | "lev"
| "dibuja" | "dib" ;
numero = [ "-" ], { digito }, [ "." ], digito, { digito } ;
digito = "0" | "1" | "2" | "3" | "4" | "5" | "6" | "7" | "8" | "9" ;

```

El lenguaje P.A.C.O nos permite de manera nativa realizar tres tipos de acciones:

- De movimiento: estas acciones nos permiten mover y rotar el cursor por el espacio de dibujo.
- De cambio de estado: en todo momento, el intérprete se encuentra en un estado definido, que comprende los parámetros de color, grosor del trazo, visibilidad del cursor, y si debe dibujar o no.
- De repetición: el lenguaje posee una orden que nos permite repetir una secuencia de órdenes un número arbitrario de veces.

La semántica de las construcciones sintácticas es, por su parte, definida de manera informal:

- **palante** (o **pal**) n: mueve el cursor hacia delante n píxeles.
- **patrás** (o **pat**) n: mueve el cursor hacia atrás n píxeles.
- **derecha** (o **dcha**) n: gira el cursor a la derecha n grados.
- **izquierda** (o **izda**) n: gira el cursor a la izquierda n grados.
- **grosor** (o **gro**) n: establece el grosor del trazo en n píxeles
- **color** (o **col**) n: establece el color del trazo al color con código n. El parámetro numérico hace referencia al código RGB del color. El intérprete de la plataforma permite especificar colores en formato hexadecimal (e.g.: #aaff00), o por su nombre en inglés, para colores que el navegador reconozca (depende del navegador utilizado).
- **esconde** (o **esc**): establece el cursor como invisible.
- **enseña** (o **ens**): establece el cursor como visible.
- **punto** (o **pt**): dibuja un punto cuyo grosor es el doble del establecido como grosor de trazo.
- **levanta** (o **lev**): en sucesivos movimientos, el cursor se moverá sin dibujar.
- **dibuja** (o **dib**): en sucesivos movimientos, el cursor se moverá dibujando. Es el comportamiento por defecto del intérprete de la plataforma.
- **repite** (o **rep**) n [ órdenes ]: repite la secuencia de órdenes entre corchetes n número de veces.

### 3.4.2 La plataforma web

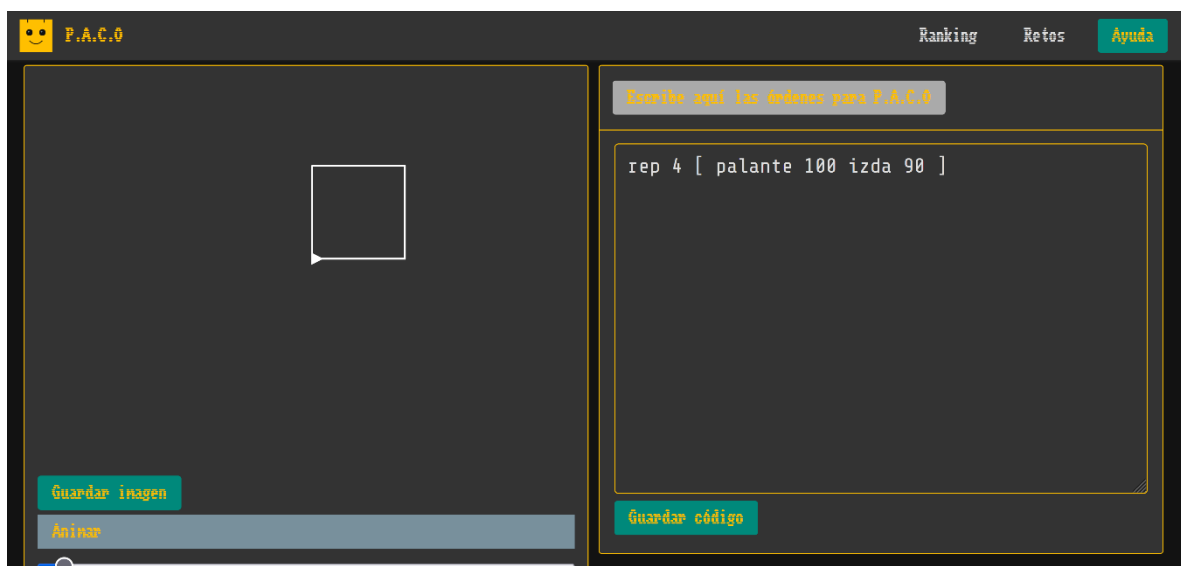
**Figura 6**  
*Página de bienvenida a la plataforma web*



*Fuente: elaboración propia*

La plataforma web consiste en una sola página en la que podemos encontrar un intérprete del lenguaje, un breve glosario con explicaciones de todas las órdenes que soporta el lenguaje, algunos retos, y un espacio para las clasificaciones de los equipos de alumnos que compiten en las actividades propuestas.

**Figura 7**  
*Entorno de programación de la plataforma P.A.C.O*



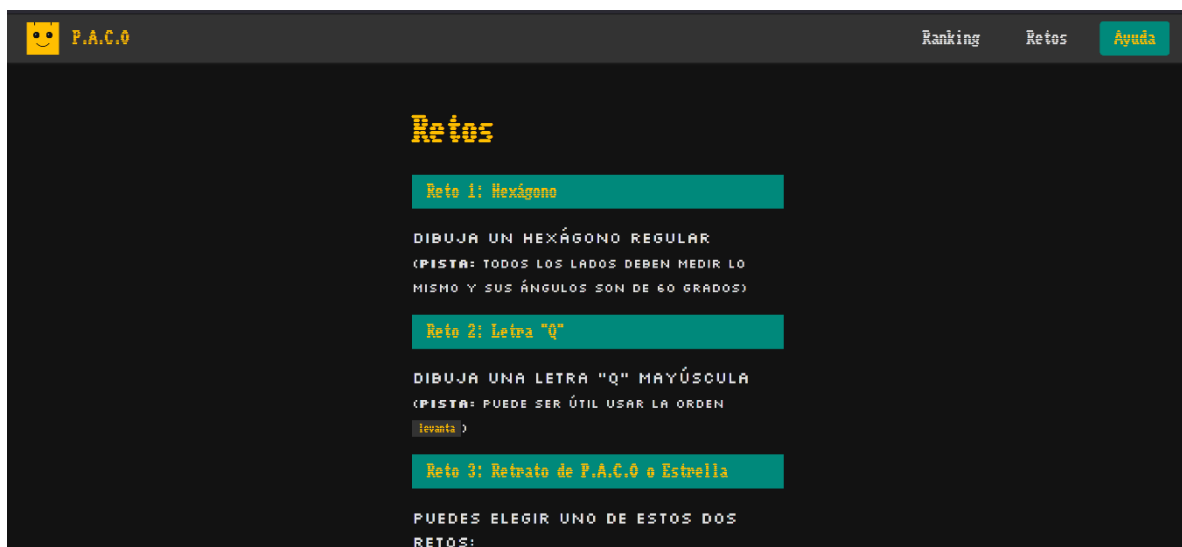
*Fuente: elaboración propia*

**Figura 8**  
*Página de ayuda de la plataforma web*



*Fuente: elaboración propia*

**Figura 9**  
*Retos publicados en la plataforma*



*Fuente: elaboración propia*

**Figura 10**  
*Clasificación de equipos*

Rankings	
Grupo	Puntos
Paco Jr	3
Los impermeables permeables	2
Yo soy hacker pro	2
VICCO	2
Kebab 33	2
Hackers de gorro rojo	2
JUEAK	2
Los petazeta	2
Manolo vende kebab 33	2
Robot Paco	2
Yo soy Paco	2

*Fuente: elaboración propia*

### 3.5 Actividades de la propuesta

Aunque consideramos que la aportación principal de esta propuesta son los recursos ya expuestos, es importante implementar su uso en el aula. Las siguientes actividades se organizan a lo largo de seis sesiones de unos cincuenta minutos de duración, y están diseñadas para presentar la plataforma P.A.C.O y el lenguaje de programación de manera gradual, permitir la experimentación, fomentar la participación activa y cooperativa en el aula, y dar pequeños pasos hacia la creación artística con el mismo.

En la siguiente secuenciación, haremos una diferenciación entre *actividades* y *retos*. Las actividades constituyen una acción a llevar a cabo en el aula, con una agrupación determinada, unos materiales necesarios, y una duración estipulada. Los retos, por otra parte, son ejercicios evaluables relacionados con el lenguaje P.A.C.O (escribir o interpretar programas), que pueden realizarse durante la sesión, o como tareas en casa, y siempre se solucionan en grupo.

#### 3.5.1 Sesión 1: Introducción – Conociendo a P.A.C.O

Esta sesión tratamos de presentar de manera amigable la plataforma P.A.C.O al alumnado como un robot dibujante, introduciendo de manera gradual diferentes órdenes de movimiento.

**Tabla 2**  
*Secuenciación de actividades y retos, sesión 1*

Actividad 1	Agrupación	Materiales	Tiempo
Introducción al lenguaje P.A.C.O	En filas horizontales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tizas de colores</li> <li>Pizarra</li> </ul>	40'
Esta actividad introduce las órdenes básicas (palante, atrás, derecha e izquierda). El objetivo es dibujar un cuadrado en la pizarra con ayuda del alumnado. En este			

ejercicio, el docente asumirá el rol de robot, emulando sus movimientos. Tras completar el primer cuadrado, se pedirán voluntarios para dibujar otras figuras. Cuando se haya afianzado el uso de estas instrucciones básicas, los alumnos deberán intentar responder la siguiente pregunta “¿Cómo puedo hacer un círculo?”. El objetivo es que el alumnado discorra, y descubra que necesita repetir una misma acción muchas veces. En este punto introducimos la orden **repite**, repasamos la construcción de formas simples como cuadrados y triángulos con esta nueva orden.

Actividad 2	Agrupación	Materiales	Tiempo
Formación de grupos	En parejas o grupos de tres	Fichas de registro	10'

Con esta actividad terminaremos la sesión, formando equipos en los que el alumnado trabajará durante el resto de la sesión de aprendizaje, para lo que tendrán que rellenar las fichas confeccionadas a tal efecto (proveemos un modelo en el anexo A de este trabajo, que también se puede encontrar en la página de la plataforma).

Reto 1 (en casa)	Enunciado	Solución
Hexágono regular	Escribir un programa que describa un hexágono regular	repite 6 [palante 20 derecha 60]

*Fuente: elaboración propia*

### 3.5.2 Sesión 2: Introducción II – Polígonos sencillos y presentación de la plataforma P.A.C.O

En esta segunda sesión nuestro objetivo es familiarizar al alumnado con la plataforma de una manera interactiva, repasando la construcción de polígonos sencillos, e introducir un algoritmo para aproximar curvas.

**Tabla 3**  
*Secuenciación de actividades y retos, sesión 2*

Actividad 3	Agrupación	Materiales	Tiempo
Repaso de polígonos	En parejas o grupos de tres	Un ordenador por equipo, proyector para el ordenador del profesor	35'
En esta actividad guiaremos al grupo por el sitio web, explicando el funcionamiento de sus diferentes partes, y afianzaremos la creación de polígonos de la sesión anterior de manera interactiva, dejando que los equipos interactúen con el intérprete y el <i>chatbot</i> de IA.			
Actividad 4	Agrupación	Materiales	Tiempo
Describiendo circunferencias	En parejas o grupos de tres	Un ordenador por equipo, proyector para el ordenador del profesor	15'

Retomaremos la pregunta que lanzamos en la sesión anterior acerca de cómo dibujar un círculo, y presentaremos un algoritmo simple para describir curvas que consiste en avanzar una pequeña cantidad con la orden **repite**, para después girar hacia **derecha** o **izquierda** otra pequeña cantidad.

<b>Reto 2 (en casa)</b>	<b>Enunciado</b>	<b>Solución</b>
“Q” mayúscula	Escribir un programa que describa una “Q” mayúscula que combine curvas y rectas	repite 360 [ palante 1 derecha 1 ] derecha 90 levanta palante 90 izquierda 90 palante 10 derecha 45 dibuja palante 50

*Fuente: elaboración propia*

### 3.5.3 Sesión 3: Retos complicados I – la estrella o la cara de P.A.C.O



Esta tercera sesión es totalmente práctica, y el objetivo es que los grupos experimenten, investiguen y practiquen con el lenguaje.

**Tabla 4**

*Secuenciación de actividades y retos, sesión 3*

<b>Actividad 5</b>	<b>Agrupación</b>	<b>Materiales</b>	<b>Tiempo</b>
Corrección del reto anterior	En parejas o grupos de tres	Un ordenador por equipo, proyector para el ordenador del profesor	10’
Esta actividad consistirá en corregir el reto de la sesión anterior con ayuda del <i>chatbot</i> de IA que incluye la plataforma. El docente se encargará de observar el progreso de los diferentes grupos, y resolver las preguntas que surjan.			
<b>Actividad 6</b>	<b>Agrupación</b>	<b>Materiales</b>	<b>Tiempo</b>
Describiendo figuras complicadas	En parejas o grupos de tres	Un ordenador por equipo, proyector para el ordenador del profesor	30’
Cada equipo podrá elegir uno de entre dos retos: dibujar una estrella de cinco puntas o dibujar la cara del robot P.A.C.O. De manera autónoma, deben tratar de resolver este problema. Imágenes del resultado esperado se muestran en la página <i>web</i> .			
<b>Actividad 7</b>	<b>Agrupación</b>	<b>Materiales</b>	<b>Tiempo</b>
Planificando una obra de arte generativo	En parejas o grupos de tres	Un ordenador por equipo, proyector para el ordenador del profesor	10’



El docente presentará la actividad de crear una obra de arte generativo con la ayuda de P.A.C.O, y los equipos deberán mantener una conversación para empezar a planificar e imaginar cómo puede ser su obra.		
Retos 3 y 4 (uno en clase y uno en casa)	Enunciado	Solución
Retrato	 <p>Escribe el programa que dibuja este retrato</p>	<pre> repite 4 [ palante 200 izquierda 90 ] levanta palante 50 izquierda 90 pa- lante 30 derecha 90 dibuja palante 100 levanta izquierda 90 palante 60 derecha 90 dibuja repite 360 [ pa- lante 0.5 izquierda 1 ] levanta de- recha 180 palante 100 dibuja repite 360 [ palante 0.5 derecha 1 ] </pre>
Estrella	 <p>Escribe el programa que dibuje esta estrella</p>	<pre> repite 5 [ palante 100 derecha 144 ] </pre>

*Fuente: elaboración propia*

### 3.5.4 Sesión 4: Retos complicados II – Yo soy P.A.C.O

En esta sesión, el objetivo es que el alumnado sea capaz de interpretar mentalmente el código, y dibujar las figuras resultantes, actuando como el robot. Es el ejercicio inverso a los retos anteriores.

**Tabla 5**

*Secuenciación de actividades y retos, sesión 4*

Actividad 8	Agrupación	Materiales	Tiempo
“L” mayúscula	Por equipos	Regla, transportador de ángulos, lápices, papel, fichas de reto	30’
En esta actividad plantearemos un ejemplo, actuando como el robot ante un programa dado, y cuando el alumnado haya comprendido el objetivo, distribuiremos fichas de reto con instrucciones que describen una “L” mayúscula.			

Actividad 9	Agrupación	Materiales	Tiempo
Boceto de la obra de arte generativo	Por equipos	Regla, transportador de ángulos, lápices, papel, compás	20'
Partiendo de las ideas de la sesión anterior, pediremos a los equipos que hagan bocetos de sus obras generativas en papel, y empiecen a pensar en qué órdenes usarían para describirla.			
Reto 4 (en casa)	Enunciado		Solución
¿Qué letra es?	Interpreta el siguiente programa: derecha 90 palante 100 izquierda 180 palante 100 derecha 135 palante 50 izquierda 90 palante 50 derecha 135 palante 100		una "M" mayúscula

*Fuente: elaboración propia*

### 3.5.5 Sesión 5: Obra de arte generativo

Esta sesión la dedicaremos íntegramente a la realización de la obra final, con ayuda del *chatbot* de IA. La obra debe acabarse y entregarse al final de la sesión.

**Tabla 6**  
*Secuenciación de actividades, sesión 5*

Actividad 10	Agrupación	Materiales	Tiempo
Realización de la obra de arte generativo	En parejas o grupos de tres	Un ordenador por equipo, proyector para el ordenador del profesor	50'

*Fuente: elaboración propia*

### 3.5.6 Sesión 6: Torneo

En esta última sesión, organizaremos un pequeño torneo por equipos.

**Tabla 7**  
*Secuenciación de actividades, sesión 6*

Actividad 11	Agrupación	Materiales	Tiempo
Torneo	En parejas o grupos de tres	Un ordenador por equipo, proyector para el ordenador del profesor, retos, pulsadores	50'
Los equipos deben resolver retos de manera competitiva. Los retos serán del mismo tipo de los que han venido realizando, que serán elegidos aleatoriamente de una batería preparada por el docente.			

*Fuente: elaboración propia*

## 3.6 Instrumentos y criterios de evaluación

La evaluación de esta propuesta es heteronormativa, y recomienda tener en cuenta los siguientes apartados:

- Retos: ejercicios resueltos en clase y en casa (30%).
- Obra de arte generativo (40%).
- Rendimiento en el torneo (20%).
- Trabajo en equipo y comportamiento (10%).

Calificaremos todos estos apartados de manera grupal por equipos, excepto el apartado actitudinal de comportamiento, que será individual.

### 3.6.1 Retos

En total, hemos introducido cinco retos en esta propuesta, y la puntuación obtenida de la resolución de estos pondera el 30% de la calificación total. La puntuación de los retos se basa en esta lista de control:

**Tabla 8**  
*Lista de control para puntuar retos*

<b>Superado (2pt)</b>	<b>Completado (1pt)</b>	<b>No completado (0pt)</b>
Resuelto de manera correcta de acuerdo con la especificación.	El equipo ha hecho un esfuerzo por resolver el reto, pero el resultado no es correcto de acuerdo con la especificación.	El equipo no ha intentado resolver el reto.

*Fuente: elaboración propia*

### 3.6.2 Obra de arte generativo

Este ejercicio hace las veces de trabajo final de la propuesta, y pretende introducir al alumnado a esta corriente artística de manera libre y experimental. Consiste en diseñar una obra de arte usando la plataforma P.A.C.O y la asistencia del *chatbot* de IA. Pondera el 40% de la calificación total, y se puntúa a través de esta lista de control:

**Tabla 9**  
*Lista de control para puntuar obra de arte generativo*

<b>Ítem</b>	<b>Puntuación</b>
La obra tiene más de tres figuras	2,5pt
Una de las figuras es compleja: no es un polígono regular, y su fórmula contiene al menos tres giros y una orden repite	2,5pt
La descripción de la obra usa al menos el 75% de las órdenes del lenguaje	5pt

*Fuente: elaboración propia*

### 3.6.3 Torneo

Esta actividad es evaluable, y pondera un 20% de la calificación total. Consiste en un torneo en el que se proponen retos a los diferentes equipos del grupo. Estos retos se calificarán de acuerdo con la lista de control anteriormente mencionada. Los resultados de estos retos contribuirán al 75% de la calificación total de este apartado, mientras que el 25% restante se otorgará al equipo que más rápido los haya resuelto, mediante un sistema de puntos.

### 3.6.4 Trabajo en equipo y comportamiento

El trabajo en equipo lo valoraremos a través de un diario de observaciones, y tendremos en cuenta el comportamiento general del equipo, en relación con valores actitudinales y contenidos transversales como el respeto, la igualdad y la honestidad. Contribuirá el 10% restante de la calificación de la propuesta, y será individual.

## 4. Análisis de Datos

### 4.1 Resultados

Para la implementación experimental de esta propuesta, durante el periodo del Prácticum de Intervención, el centro nos ha concedido tan solo tres sesiones de las seis planeadas. Por lo tanto, nos hemos visto forzados a reducir la propuesta para atender a las necesidades que el tutor nos planteó: hemos prescindido de la evaluación calificativa, los retos 3 y 4 no se han realizado, y del torneo. Además, solo en una de estas sesiones hemos podido hacer uso del aula de informática, lo que ha conllevado que la mayoría de las actividades pensadas para aprender el lenguaje han sido realizadas en papel. Es muy importante destacar también que el alumnado no ha podido interactuar con el *chatbot* de IA a su propia discreción, puesto que el servicio *ChatGPT* se encuentra bloqueado en el centro, y ha sido imposible solventar este problema: tan solo algunos grupos de alumnos han podido interactuar con el servicio brevemente a través del equipo personal del docente. Pese a esta situación, la implementación de la propuesta ha permitido un análisis cualitativo – a través de imágenes, observaciones y expresiones verbales y no verbales – que nos aproxima de forma más real a unos resultados positivos los cuales pasamos a detallar.

Tras la primera sesión introductoria, que corresponde a la **sesión 1** el alumnado de ambos grupos ha comprendido el lenguaje y lo maneja de manera satisfactoria, tan solo cometiendo pequeños errores sintácticos. La totalidad de los alumnos comprende la semántica, y los razonamientos de todos los grupos a cerca del reto del hexágono son acertados. En ambos grupos notamos que los equipos entre cuyos integrantes se encuentran el alumno y la alumna en los que hemos notado mayor capacidad para el razonamiento lógico son los más rápidos en contestar a preguntas y resolver ejercicios. Los equipos que contienen a los alumnos en situación de vulnerabilidad no muestran resultados por debajo de la media del grupo: de hecho, uno de estos alumnos propone soluciones más eficientes que la mayoría de sus pares. Ambos grupos llegan a una conclusión similar y acertada sobre el algoritmo necesario para aproximar una circunferencia.

En la segunda sesión, que se convierte en la práctica en un híbrido entre la **sesión 2** y la **sesión 4**, encontramos que la mayoría de los grupos ha tenido problemas al resolver el reto consistente en describir una “Q” mayúscula – que enviamos en la sesión anterior como tarea para casa. Tan sólo tres equipos han conseguido resolverlo satisfactoriamente: el equipo del alumno que notamos que tiene más dificultades para relacionarse con sus compañeros ha dado una solución muy reseñable y eficiente, y notamos que este alumno domina el pensamiento lógico-matemático. Continuamos con un ejercicio de interpretación (describir una “L” mayúscula), tras una demostración. Alrededor de la mitad del grupo lo resuelve satisfactoriamente.

La última sesión la hemos dedicado íntegramente a la creación de la obra de arte generativo, por lo que corresponde a la **sesión 5**. Todos los alumnos han seguido las directrices, y algunas de las obras creadas son de una complejidad geométrica muy elevada para alumnos de primero de ESO. Los equipos con integrantes que exhibían mayor dominio de la lógica matemática se han caracterizado por realizar obras que seguían de manera estricta las instrucciones, mientras que los equipos con alumnos en situación de vulnerabilidad han destacado por producir obras más creativas. Debemos notar que, al momento de entregar las obras para su calificación, dos grupos han perdido su trabajo debido a un fallo informático, y, a falta de tiempo para repetirlo, hemos decidido no calificar la actividad.

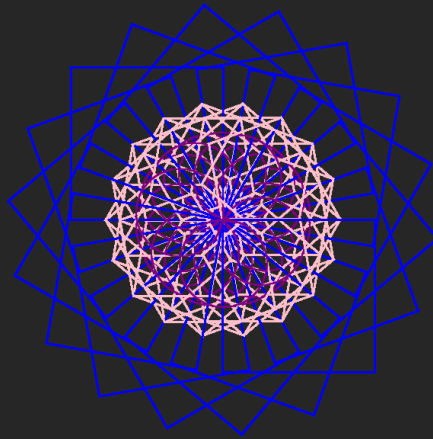
Dada la rapidez de la implementación, la falta de recursos, y el bloqueo de los servicios de IA, consideramos que el desarrollo de la propuesta ha sido muy caótico desde un punto de vista organizativo, y consideramos que los resultados no son concluyentes ni cuantificables. Sin embargo, el alumnado ha mostrado entusiasmo e interés de cara a la propuesta, y ha respondido de manera muy positiva, intentando resolver los retos y participando activamente en las sesiones. Los puntos en los que se ha centrado el empeño del alumnado han sido la resolución de los retos de manera competitiva y la experimentación libre en la plataforma para crear figuras complejas. Han mostrado, sin embargo, poco interés por interactuar con la IA, aunque achacamos esto parcialmente a la dificultad de su acceso.

#### **4.1.1 Obras de arte generativo del alumnado**

A continuación, exponemos algunas de las obras de arte generativo creadas por el alumnado, con el código correspondiente:

**Figura 11**

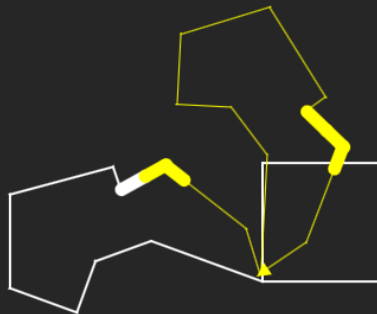
*Obra de arte generativo realizada por el alumnado, grupo "Mandala"*



Código: repite 360 [palante] izquierda 100 color pink repite 360 [palante 100 izquierda 80 palante 1] color blue repite 360 [palante 200 derecha 90] color purple repite 360 [palante 1 derecha 1]

**Figura 12**

*Obra de arte generativo realizada por el alumnado, grupo "Paco el Vecino"*



Código: rep 4 [ palante 100 izda 90 ] dcha 200 palante 100 izda 40 palante 50 izda 50 palante 46 dcha 90 palante 60 dcha 70 palante 79 dcha 75 palante 90 dcha 86 palante 20 izda 100 grosor 11 palante 23 ( col yellow ) palante 20 dcha 67 palante 20 grosor 1 palante 67 dcha 35 palante 40 dcha 200 palante 100 izda 40 palante 50 izda 50 palante 46 dcha 90 palante 60 dcha 70 palante 79 dcha 75 palante 90 dcha 86 palante 20 izda 100 grosor 11 palante 23 ( col yellow ) palante 20 dcha 67 palante 20 grosor 1 palante 67 dcha 35 palante 40

**Figura 13**

*Obra de arte generativo realizada por el alumnado, grupo “Casa”*



Código: Levanta derecha 90 palante 300 derecha 90 palante 450 izquierda 240 dibuja color grey grosor 10 palante 200 derecha 120 palante 200 levanta patrás 100 izquierda 105 dibuja palante 85 derecha 90 palante 200 levanta patrás 100 izquierda 95 dibuja palante 150 derecha 95 palante 275 levanta derecha 135 palante 575 derecha 180 dibuja color green grosor 15 palante 885 color orange grosor 10 color green patrás 35 color orange repite 4 [izquierda 90 palante 225] izquierda 90 palante 225 color brown derecha 90 palante 45 izquierda 145 palante 200 izquierda 75 palante 180 izquierda 140 palante 275 derecha 90 levanta palante 215 derecha 90 palante 85 derecha 90 dibuja grosor 50 palante 66 esconde

## 4.2 Discusión

Creemos firmemente que, dados los resultados parciales obtenidos y el interés mostrado por el alumnado, esta propuesta es viable si se implementa en el tiempo establecido, y con los recursos necesarios. El potencial para la enseñanza de los contenidos de geometría plana, especialmente polígonos y aproximaciones de ciertas figuras es muy valioso, y el enfoque práctico ayuda al alumnado a interiorizar conceptos como el área, el perímetro, los ángulos o los vértices.

Por otra parte, es una propuesta sencilla de implementar: dada su longitud, es posible integrarla en una Situación de Aprendizaje más larga sobre geometría, por ejemplo, y, en cuanto a recursos, los docentes fuera del periodo de prácticas tienen más posibilidades de planificación y uso de los espacios que pone a su disposición el Centro.

Otro de los factores que, en nuestra opinión, confiere viabilidad a la propuesta es que su adaptación al contexto de otro centro u otros grupos de primero de ESO es trivial, dado el desempeño de diferentes sectores del alumnado, que, en general, ha sido satisfactorio sin ninguna adaptación metodológica o curricular.

Creemos que con esta propuesta se pueden afianzar la mayoría de los conceptos sobre geometría plana que aparecen en el nivel de primero de ESO, así como establecer aprendizajes transversales con diversas asignaturas como la informática, las matemáticas, e incluso ciertos aspectos de la historia.



Uno de los aspectos negativos que nos parece necesario destacar es la posibilidad de generar un ambiente de tensión en el grupo, derivado de la rivalidad y competición a la que anima el sistema de retos: en algunas configuraciones de grupos esto puede crear problemas de comportamiento y conflictos.

## 5. Conclusiones y líneas futuras

En cuanto a la consecución de los objetivos que hemos propuesto para este trabajo, creemos que hemos logrado cubrir la mayoría de los puntos. Sin embargo, como mencionamos en la sección anterior, la implementación práctica de la propuesta de innovación no ha sido del todo satisfactoria.

### General

1. Diseñar recursos artísticos-digitales que incorporen la IA generativa para el aprendizaje de algunos de los contenidos del currículo de la LOMLOE relativos al lenguaje visual desde una práctica segura, ética y eficiente.

En cuanto al objetivo general, consideramos que los materiales desarrollados y la propuesta didáctica diseñada logran su consecución, si bien consideramos que el uso de la IA ha tenido un peso menor del previsto en estos materiales.

### Específicos

1. Investigar qué es la Inteligencia Artificial, sus orígenes y su funcionamiento.

En cuanto a los objetivos específicos, el objetivo 1 ha sido parcialmente cubierto a través de la revisión bibliográfica de los orígenes de la Inteligencia Artificial y su naturaleza. Consideramos que, aunque en esta bibliografía se mencionan algunas de las especificaciones técnicas del funcionamiento de estos sistemas, carecemos de la experiencia necesaria en el campo de la informática para comprenderlo a un nivel detallado.

2. Analizar y sintetizar la normativa, regulaciones y recomendaciones ya establecidas para la IA.

Por otra parte, con relación al objetivo específico 2, hemos conducido satisfactoriamente un análisis de la normativa y regulaciones establecidas para los sistemas de IA a fecha de redacción, especialmente las que afectan al Sistema Educativo español (UNESCO, Unión Europea y Ministerios). Somos conscientes, sin embargo, de que esta regulación está todavía en un estado muy temprano del desarrollo, y, por tanto, en el futuro contaremos con más legislación y normativa respecto a los sistemas de Inteligencia Artificial.

3. Recopilar, partiendo de la interacción entre Arte y nuevas tecnologías a lo largo del s. XX, información sobre el panorama actual de relaciones entre IA y Arte.

El objetivo específico 3 lo consideramos parcialmente logrado: mientras que hemos recopilado bastante información sobre la relación de las artes y las nuevas tecnologías en el s. XX, especialmente el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, las relaciones actuales entre

IA y Arte están caracterizadas todavía por la polémica, y las situaciones no son del todo extrapolables, aunque hemos establecido algunos paralelismos.

4. Relacionar adecuadamente contenidos curriculares de la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual del primer curso de ESO que mejor se adapten a los medios digitales.

En cuanto a la relación de contenidos curriculares que estipula el objetivo específico 4, consideramos que la fundamentación curricular que aportamos para la propuesta didáctica la desarrolla adecuadamente. Además, los recursos que desarrollamos en torno a los medios digitales, son fácilmente adaptables no solo a la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual, sino que se pueden relacionar con contenidos de otras asignaturas, abriendo la puerta a proyectos interdisciplinares.

5. Conocer recursos digitales existentes para el diseño efectivo de los materiales mencionados en el objetivo general.

El objetivo específico 5 también ha sido satisfecho en su totalidad: durante la fase de diseño hemos encontrado diversos recursos muy valiosos para la creación de materiales didácticos interactivos y atractivos, como LOGO, Processing, Scratch o P5js. Además, hemos conocido recursos y servicios muy útiles para el diseño gráfico digital de estos materiales: PicnicCSS, Google Fonts, o particles.js. También esperamos que las investigaciones en Inteligencia Artificial aporten variedad en este tipo de recursos en el futuro.

La realización de este trabajo nos ha proporcionado una perspectiva muy diferente en cuanto a los servicios de Inteligencia Artificial de la que esperábamos encontrar. Creemos que seguir investigando, sobre todo en las implicaciones éticas y en alternativas a los grandes modelos es muy interesante. Sin embargo, mientras que creemos que estamos capacitados para llevar a cabo esta investigación en el campo estrictamente relacionado con el arte, nos resulta evidente que las particularidades pedagógicas y relacionadas con la educación escapan a nuestra cualificación.

Por otra parte, hemos obtenido muy buenos resultados en el diseño de recursos interactivos, y es esta parte de la propuesta la que ha sido mejor recibida por el alumnado, y la que nos resulta más interesante proseguir. Algunas de las posibles investigaciones futuras que surgen son:

- Ampliar el lenguaje P.A.C.O, para adaptarlo a cursos superiores de ESO y Bachillerato.
- Añadir funcionalidades en la plataforma: panel de control para el docente, usuarios registrados, y corrección de retos *online*.
- Desarrollar recursos similares en torno a otros conceptos curriculares que pueden ir de la mano con la informática y la programación: *l-systems*, programación genética, modelos como *el juego de la vida*.

El papel que adoptarán los servicios de Inteligencia Artificial en el sistema educativo futuro no parece estar, todavía, definido. En nuestra investigación hemos podido observar cómo la

opinión de los académicos que han abordado el tema está todavía dividida: algunos se muestran reacios a dar la bienvenida a esta tecnología sin reparos (Giannini 2023; Innerarity, 2024), mientras que otros apoyan la sustitución gradual del docente por la máquina (Edwards y Cheok, 2018). La postura de la mayoría de los académicos más prudentes se acerca también mucho a las posturas institucionales más recientes, que abogan por una introducción meditada, paulatina, cautelosa, y siempre supervisada por el docente, de estos servicios en el aula. Nos parece que la prudencia es la actitud más adecuada en la situación y el contexto en que nos encontramos – en el que estos servicios todavía son novedosos para el gran público, y en tanto que su funcionamiento y uso de los datos está en manos de compañías privadas como OpenAI, Microsoft, o Google.

En cuanto a las aplicaciones prácticas de los servicios de Inteligencia Artificial, la investigación práctica y experimental que hemos llevado a cabo con el alumnado no es concluyente, pues no se han podido usar estos servicios. Al diseñar los recursos, sin embargo, hemos podido extraer algunas hipótesis – que esperábamos poder corroborar experimentalmente–, a saber:

- Que, en general, es más sencillo para un usuario sin experiencia generar textos con estas herramientas. La generación de imágenes es más complicada de controlar.
- Usar los servicios de Inteligencia Artificial para consultar información no es recomendable, dado que estos servicios son propensos a introducir inexactitudes e inventar información que, en primera instancia, parece veraz (llamadas alucinaciones).
- Los modelos de lenguaje son herramientas que brillan a la hora de generar ideas, y fomenta la reflexión al mantener conversaciones naturales.
- Hacer el uso de servicios de Inteligencia Artificial obligatorio para completar actividades o tareas no es adecuado, en nuestra opinión. La Inteligencia Artificial debe presentarse como una herramienta entre muchas otras, pero no creemos que la enseñanza gane calidad si se presenta como elemento central o indispensable.

En conclusión, nos parece que, pese a que es un tema de actualidad y de especial importancia para el sector de la educación, la cuestión de la Inteligencia Artificial no es académica ni técnica, sino mediática. Hemos observado que la investigación en este campo lleva desarrollándose desde hace siete décadas, aunque ha sido en los últimos años cuando ha suscitado el interés de la población general. Esto nos parece importante, pues la prensa y los medios se decantan en este tema por el sensacionalismo, y estas opiniones desconectadas de la realidad tecnológica de la Inteligencia Artificial trascienden en las investigaciones de académicos fuera del ámbito puramente técnico. Nos resultan mucho más coherentes, sin embargo, las recomendaciones institucionales y las iniciativas normativas, que proporcionan una visión más equilibrada, en aras de maximizar los beneficios que puede aportar la tecnología a la sociedad, sin perjuicio de los aspectos sociales y humanos que la caracterizan. Es complicado integrar los servicios de IA de una manera orgánica, segura, y ética en el contexto del aula actual: el mercado está dominado por corporaciones que no son enteramente transparentes, las regulaciones todavía no están implementadas; y los debates sobre los derechos de autor de textos, imágenes y recursos que muchos modelos usan para su entramiento sin el debido permiso o crédito siguen a la orden del día

– además de la huella de carbono considerable que caracteriza a los grandes *chatbots* de IA. En suma, creemos que es una línea de investigación interesante desde el punto de vista teórico, pero que la experimentación práctica, especialmente con grupos de alumnos jóvenes, entraña ciertos riesgos, y la opción prudente, en nuestra opinión, es esperar a que la tecnología y las regulaciones maduren para introducir estas herramientas en el aula.

## 6. Referencias bibliográficas

- Beautypi. (s.f.). Shadertoy BETA. <https://www.shadertoy.com/>
- Biblioteca de la Facultad de Informática (s.f.). *El Centro de Cálculo (Guía documental)*. <https://biblioteca.ucm.es/fdi/ccum-guia>
- Church, Alonzo (1936) An unsolvable problem of elementary number theory. *American Journal of Mathematics*, 58(2), 345-63.
- CodePen (s.f.). *CodePen: Online Code Editor and Front End Web Developer Community*. <https://codepen.io/>
- Compart (s.f. - a). *Events. Computer - Generated Pictures (Noll & Julesz)*. <http://dada.compart-bremen.de/item/exhibition/172>
- Compart (s.f. - b). *Persons. Georg Noss*. <http://dada.compart-bremen.de/item/agent/15>
- Cotroneo, P., y Hutson, J. (2023). Generative AI tools in art education: Exploring prompt engineering and iterative processes for enhanced creativity. *Metaverse*, 4(1), 1-14. <https://doi.org/10.54517/m.v4i1.2164>
- Cruz, K. R. da, Toledo, R. da S., Oliveira, A. S. de., Almeida, J. K. da S. T. de., Moreira, A. M., y Gandin, L. R. A. (2023). IA na sala de aula: como a Inteligência Artificial está redefinindo os métodos de ensino. *Rebena - Revista Brasileira De Ensino E Aprendizagem*, 7, 19–25. <https://rebena.emnuvens.com.br/revista/article/view/128>
- DECRETO 39/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León*, 190, de 30 de septiembre de 2022.
- de la Fuente, P. (2004). Los luditas y la tecnología: lecciones del pasado para las sociedades del presente. *El Buho: Revista electrónica de la Asociación Andaluza de Filosofía*, (2), 1-14.
- Edwards, B. I., y Cheok, A. D. (2018). Why Not Robot Teachers: Artificial Intelligence for Addressing Teacher Shortage. *Applied Artificial Intelligence*, 32(4), 345–360. <https://doi.org/10.1080/08839514.2018.1464286>
- Fletcher, R. y Nielsen, R., 2024. *What Does the Public in Six Countries Think of Generative AI in News?*, Reuters Institute y University of Oxford. [https://policycommons.net/artifacts/12442843/fletcher\\_and\\_nielsen\\_generative\\_ai\\_and\\_news\\_audiences/13339477/](https://policycommons.net/artifacts/12442843/fletcher_and_nielsen_generative_ai_and_news_audiences/13339477/). CID: 20.500.12592/5mkm39n.
- FLI. EU Artificial Intelligence Act. (30 de mayo de 2024). *Resumen de alto nivel de la Ley AI*. <https://artificialintelligenceact.eu/es/high-level-summary/>
- Fontcuberta, J. (2017). *La furia de las imágenes. Notas sobre la postfotografía*. Gustavo Gili.
- Giannini S. (2023) *Reflexiones sobre la IA generativa y el futuro de la educación*. UNESCO
- Goldstine, H.; Goldstine, (1946). The Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC). *Mathematical Tables and Other Aids to Computation* 2(15). 97-110. doi:10.2307/2002620
- Gombrich, E. H., Torroella, R. S., & Setó, J. (1997). *Historia del arte* (Vol. 16). Phaidon.
- Gödel, K. (1931) Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme. *Monatshefte für Math und Phys.* 38, 173-89.

- Hayeri, A. (10 de noviembre de 2023). *Council Post: Are We Ready To Face Down The Risk Of AI Singularity?* Forbes. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2023/11/10/are-we-ready-to-face-down-the-risk-of-ai-singularity/?sh=7f7395b0308d>
- Imagegeneratorlitigation.com (s.f.). *Image generator litigation · Joseph Saveri Law Firm & Matthew Butteric*. <https://imagegeneratorlitigation.com/#kelly-mckernan>
- Innerarity, D. (13 de febrero de 2023). *La inteligencia de la Inteligencia Artificial*.
- Klee, M. (17 de mayo de 2023). *Professor Flunks All His Students After ChatGPT Falsely Claims It Wrote Their Papers*. Rolling Stone. <https://www.rollingstone.com/culture/culture-features/texas-am-chatgpt-ai-professor-flunks-students-false-claims-1234736601/>
- La Moncloa (12 de abril de 2024). *España impulsará el uso de la Inteligencia Artificial para facilitar la competitividad y el crecimiento de las pymes europeas*. <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/economia-comercio-empresa/Paginas/2024/120424-cuerpo-fomento-ia-ministros-ue.aspx>
- Lamont, T. (17 de febrero de 2024). “Humanity’s remaining timeline? It looks more like five years than 50”: meet the neo-luddites warning of an AI apocalypse. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/technology/2024/feb/17/humanitys-remaining-timeline-it-looks-more-like-five-years-than-50-meet-the-neo-luddites-warning-of-an-ai-apocalypse>
- Leswing, K. (2 de junio de 2024). *Nvidia dominates the AI chip market, but there’s more competition than ever*. CNBC. <https://www.cnbc.com/2024/06/02/nvidia-dominates-the-ai-chip-market-but-theres-rising-competition-.html>
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 106, de 4 de mayo de 2006. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 340, de 30 de diciembre de 2020. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- Marín-Viadel R., Campos R. y Roldán J. (2024). Inteligencia artificial, Goya y el aprendizaje del dibujo. Primeros pasos. *Arte, Individuo y Sociedad*, 36(2), 329-343. <https://doi.org/10.5209/aris.92891>
- Martínez, J. M. A. (2009). Cyberbullying: diferencias entre el alumnado de secundaria. *Boletín de psicología*, (96), 79-96. <https://www.uv.es/seoane/boletin/previos/N96-6.pdf>
- McCarthy, J. (s.f. - a) *What is AI? / Basic Questions* <http://jmc.stanford.edu/artificial-intelligence/what-is-ai/index.html>
- McCarthy, J. (s.f. - b) *What is AI? / AI Branches* <http://jmc.stanford.edu/artificial-intelligence/what-is-ai/branches-of-ai.html>
- McCarthy, J. (s.f. - c) *What is AI? / Applications of AI* <http://jmc.stanford.edu/artificial-intelligence/what-is-ai/applications-of-ai.html>
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., y Shannon, C. E. (2006). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AI Magazine*, 27(4), 12. <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1904>

- Ministerio de Cultura (2024). *Nota Informativa sobre buenas prácticas relativas a la utilización de sistemas de Inteligencia Artificial en el ámbito del Ministerio de Cultura* <https://www.cultura.gob.es/dam/jcr:469163cc-0fdf-4fe2-964f-d4815cde40b1/240219-nota-informativa-ia.pdf>
- Newman, M. E. (13 de agosto de 2020). *Fiftieth anniversary of first digital image marked*. NIST. <https://www.nist.gov/news-events/news/2007/05/fiftieth-anniversary-first-digital-image-marked>
- OCDE. (2023). *PISA 2022 Results: Factsheets*. <https://www.oecd.org/publication/pisa-2022-results/country-notes/spain-fla3afc1#chapter-d1e11>
- Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados. (2022). *Informe C: Inteligencia artificial y salud*. [https://www.congreso.es/backoffice\\_doc/prensa/notas\\_prensa/94234\\_1668420226544.pdf](https://www.congreso.es/backoffice_doc/prensa/notas_prensa/94234_1668420226544.pdf). doi:10.57952/tcsx-b678
- Okulich-Kazarin V, Artyukhov A, Skowron Ł, Artyukhova N, Dluhopolskyi O, Cwynar W. (2024). Sustainability of Higher Education: Study of Student Opinions about the Possibility of Replacing Teachers with AI Technologies. *Sustainability* 16(1) 55-74. <https://doi.org/10.3390/su16010055>
- OpenProcessing (s.f.). *OpenProcessing - Creative Coding for the Curious Mind*. <https://openprocessing.com>
- Orden EFP/279/2022, de 4 de abril, por la que se regulan la evaluación y la promoción en la Educación Primaria, así como la evaluación, la promoción y la titulación en la Educación Secundaria Obligatoria, el Bachillerato y la Formación Profesional en el ámbito de gestión del Ministerio de Educación y Formación Profesional. *Boletín Oficial del Estado*, 84, de 8 de abril de 2022. <https://www.boe.es/eli/es/o/2022/04/04/efp279>
- Páez, N. (2023). En Argentina un algoritmo lucha contra la deserción escolar. *El correo de la Unesco*, 4, 22-23.
- Pérez, G. R. (26 de febrero de 2024). La inteligencia artificial destruirá 400.000 empleos en la próxima década. *El País*. <https://elpais.com/economia/2024-02-26/la-ia-podria-eliminar-hasta-400000-puestos-de-trabajo-en-espana-en-los-proximos-diez-anos-segun-randstad.html>
- Platón, y Lledo I. (trad.) (2014). *Fedro*. Gredos
- Pratama, M. P., Sampelolo, R., & Lura, H. (2023). Revolutionizing Education: Harnessing the Power of Artificial Intelligence for Personalized Learning. *Klasikal: Journal of Education, Language Teaching and Science*, 5(2), 350–357. <https://doi.org/10.52208/klasikal.v5i2.877>
- Processing (s.f.). *Welcome to processing!*. <https://processing.org/>
- Proyecto IDIS (s.f.). *Vera Molnár*. <https://proyectoidis.org/vera-molnar/>
- Ramos, G., Franc, P., Cunningham-Burley, S., Lazeri, L., Kim, U., Arrhenius, G., Fournieret, E., Tshivhase, M., Piana, D. Artificial intelligence, a tool for mental health care? 42<sup>o</sup> Conferencia General de la UNESCO. 16 de noviembre de 2023, UNESCO Paris, París, Francia.



- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 76, de 30 de marzo de 2022. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217/con>
- Roose, K. (2 de septiembre de 2022). An A.I.-Generated Picture Won an Art Prize. Artists Aren't Happy. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2022/09/02/technology/ai-artificial-intelligence-artists.html?smtyp=cur&smid=tw-nytimes>
- Solomon, C., Harvey, B., Kahn, K., Lieberman, H., Miller, M., Minsky, M., Papert, A., y Silverman, B. (2020). History of logo. *Procedures of the ACM on Programming Languages*, 4(79). 1-66. <https://doi.org/10.1145/3386329>
- The coding train. (s.f). *The Coding Train*. <https://thecodingtrain.com/>
- Turing, A.M. (1937) On computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem. *proc. Journal of Mathematics* 58(345-363), 5. <https://doi.org/10.1112/plms/s2-42.1.230>
- Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 49, 433–460.
- Turing, A.M., Intelligent Machinery (1948). En Copeland, B. J. (ed.), *The Essential Turing* (Oxford, 2004; online edn, Oxford Academic, 12 Nov. 2020), <https://doi.org/10.1093/oso/9780198250791.003.0016>
- UNESCO (2019) *Consenso de Beijing sobre Inteligencia Artificial y educación*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303>
- UNESCO (2022) *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_spa)
- Von Neumann, J., (1993) First draft of a report on the EDVAC. *IEEE Annals of the History of Computing*, 15(4), 27-75, doi: 10.1109/85.238389.
- Weiser, B. (27 de mayo de 2023). Here's What Happens When Your Lawyer Uses ChatGPT. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2023/05/27/nyregion/avianca-airline-lawsuit-chatgpt.html>
- Yturralde (s.f.). 1968–71 *Centro de Calculo de la Universidad de Madrid – Formas Computables*. <http://www.yturralde.org/Paginas/ObraEt03.html>



## **Anexo A: Plantillas para retos y equipos**

A continuación, adjuntamos dos plantillas: una es un modelo de ficha para retos, y la siguiente es una ficha de registro para formar grupos. Liberamos ambas plantillas bajo la licencia *CC BY-NC (Creative Commons Atribución No Comercial)*.



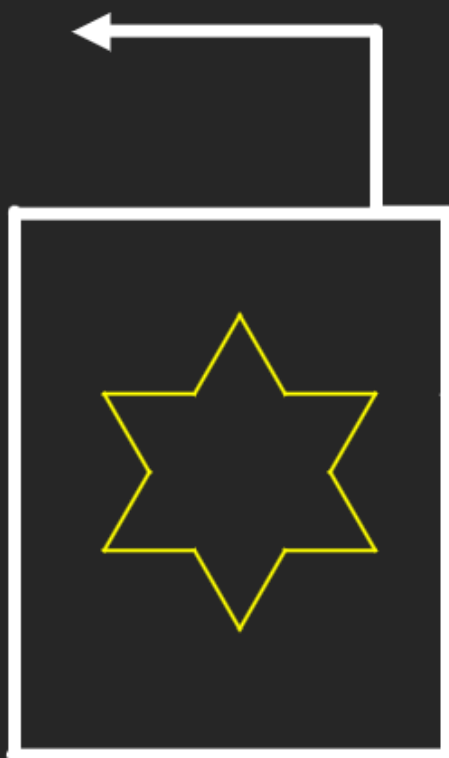


## Anexo B: Imágenes generadas por el alumnado en la plataforma

A continuación, adjuntamos varias imágenes generadas por el alumnado en la plataforma P.A.C.O durante el curso de la implementación de la propuesta.

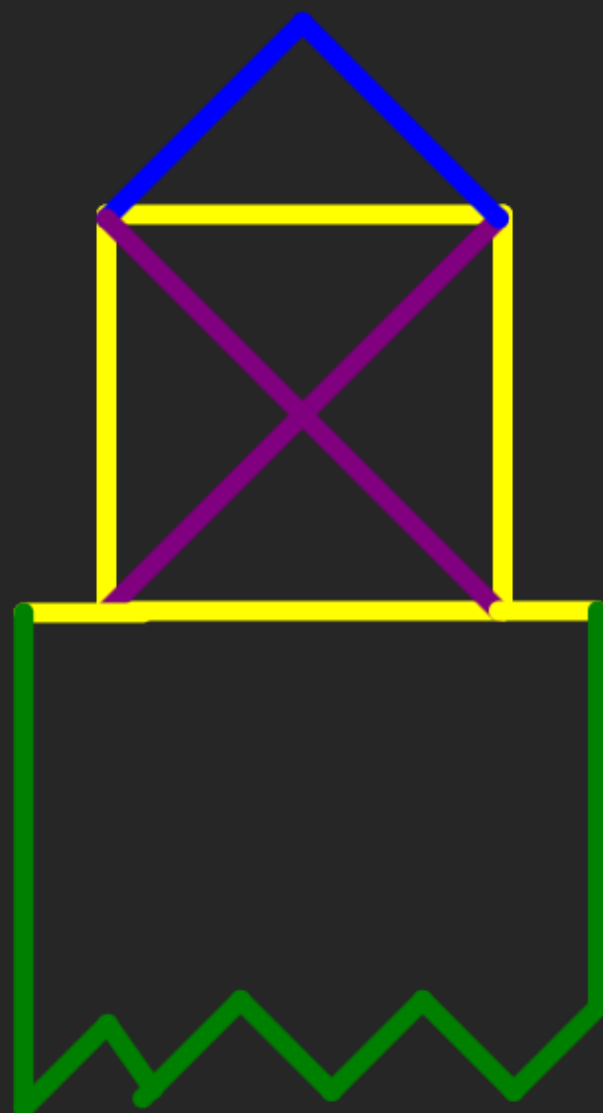
**Figura 14**

*Obra de arte generativo, grupo A*



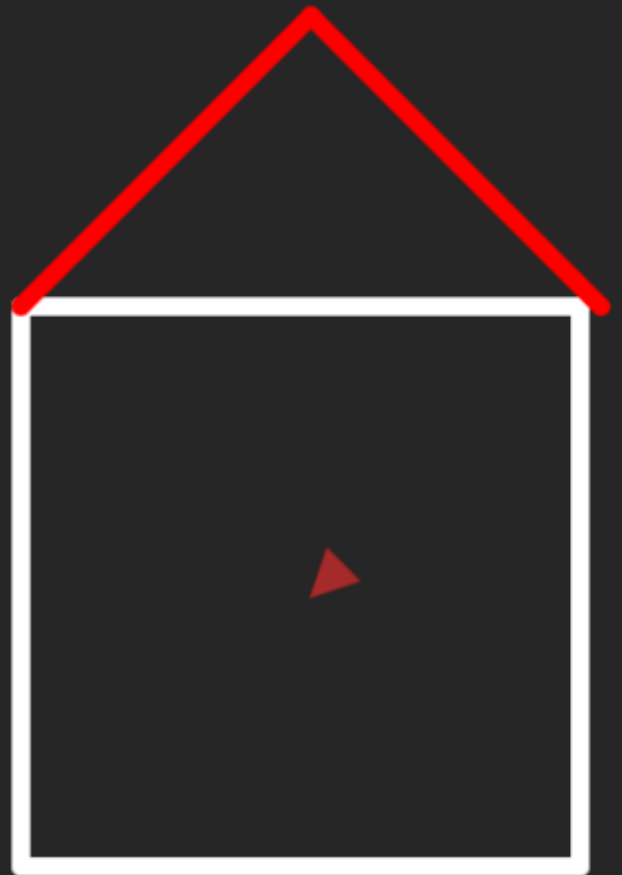
*Fuente: elaboración propia*

**Figura 15**  
*Obra de arte generativo, grupo B*



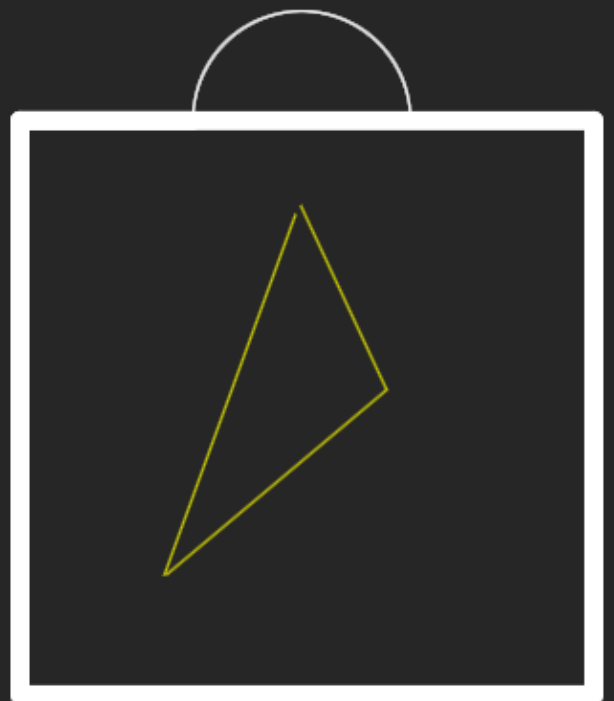
*Fuente: elaboración propia*

**Figura 16**  
*Obra de arte generativo, grupo C*



*Fuente: elaboración propia*

**Figura 17**  
*Obra de arte generativo, grupo D*



*Fuente: elaboración propia*

**Figura 18**  
*Obra de arte generativo, grupo E*



*Fuente: elaboración propia*