



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

La Inteligencia Artificial aplicada a la Gestión de Proyectos.
Un estudio del Estado del Arte.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Dirección y Gestión de Proyectos

AUTOR/A: Lara Medina, Ana

Tutor/a: González Cruz, María Carmen

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

CONTENIDO

RESUMEN	2
1. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN	3
2. INTRODUCCIÓN	4
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL	6
3.1.1. APRENDIZAJE AUTOMÁTICO	7
3.1.2. LÓGICA DIFUSA	12
3.1.3. BP GRIS	13
3.1.4. OTRAS	14
3.2. GESTIÓN DE PROYECTOS	16
3.2.1. ELEMENTOS	16
3.2.2. SECTORES	23
4. METODOLOGÍA	28
4.1. HERRAMIENTAS UTILIZADAS	28
4.1.1. Base de datos de Web of Science	28
4.1.3. Mendeley	30
4.1.4. Microsoft Office	30
4.2. METODOLOGÍA DE REVISIÓN	31
4.2.1. Identificación del campo de estudio y periodo	32
4.2.2. Realización de las búsquedas	33
4.2.3. Gestión de los resultados	34
4.2.4. Análisis de los resultados	35
5. RESULTADOS	37
5.1. ANÁLISIS DE DOCUMENTOS	37
5.1.1. Clasificación de los documentos	37
5.2. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	42
5.2.1. Clasificación por enfoque	42
5.2.2. Clasificación por sectores	59
5.2.3. Clasificación por tecnologías	61
5.2.4. Clasificación por temas	70
6. CONCLUSIONES	79
7. TENDENCIAS FUTURAS	81
REFERENCIAS	82
ANEXOS	94

RESUMEN

La inteligencia artificial está revolucionando la gestión de proyectos, ofreciendo nuevas formas de optimizar la planificación, ejecución y control de los mismos. Este trabajo se centra en el estudio del estado del arte sobre la implementación de la IA en la gestión de proyectos, analizando sus aplicaciones, beneficios y desafíos. A medida que los proyectos se vuelven más complejos, la IA surge como una solución clave para mejorar la toma de decisiones, la gestión de recursos y la previsión de riesgos mediante el uso de tecnologías como el aprendizaje automático y los algoritmos predictivos.

En este estudio, se explorarán estudios de casos que demuestran cómo diversas industrias están integrando la IA en sus prácticas de gestión de proyectos. También se abordarán los retos asociados a esta adopción. El objetivo general de este trabajo es proporcionar una visión clara y actualizada del impacto de la IA en la gestión de proyectos, ofreciendo un marco teórico que sirva de base para futuras investigaciones y aplicaciones en este campo.

1. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN

El objeto del presente trabajo fin de máster es realizar un análisis detallado de la literatura científica reciente que estudia la relación y el impacto de la inteligencia artificial (IA) en la gestión de proyectos. Este trabajo busca explorar cómo las innovaciones y avances en IA están influyendo en las prácticas de gestión de proyectos, además de en sus resultados, metodologías y procesos. Este estudio se realiza mediante una revisión sistemática de artículos académicos, informes técnicos y estudios de casos publicados en los últimos años, buscando identificar las principales tendencias, beneficios y retos asociados con la implementación de tecnologías de IA en este ámbito.

La justificación de este trabajo consiste en la creciente importancia e introducción de la inteligencia artificial en diversos sectores industriales y empresariales. La gestión de proyectos, como disciplina para la planificación, ejecución y control de proyectos, se ve afectada en gran medida a esta transformación tecnológica. Entender cómo la IA está cambiando esta área es importante para los profesionales que buscan mejorar la eficiencia, precisión y éxito de sus proyectos. Además, existe una necesidad académica para consolidar el conocimiento disperso sobre este tema, proporcionando un recurso valioso que sintetice la información existente y destaque las oportunidades y desafíos emergentes.

2. INTRODUCCIÓN

En la relación entre la Inteligencia Artificial (IA) y la Gestión de Proyectos (Project Management, PM) surge un amplio campo para la innovación de diferentes sectores. La IA, gracias a su capacidad para procesar datos, aprender patrones y tomar decisiones, ha revolucionado la forma en la que se plantean, ejecutan y controlan los proyectos, permitiendo optimizar la eficiencia y efectividad en la implementación de tareas y objetivos.

Profundizando en esta relación entre la IA y el PM, el presente trabajo se va a enfocar en el conocimiento del estado actual de las investigaciones de este campo y en cómo se prevé que la IA transformará la gestión de proyectos, mostrando el impacto positivo que presenta en aspectos cruciales del ciclo de vida de un proyecto. Se mostrará cómo la IA permite mejorar la toma de decisiones, la identificación de riesgos y la optimización de recursos, gracias a diferentes tecnologías como el aprendizaje automático, algoritmos genéticos o el procesamiento del lenguaje natural.

La motivación principal del presente Trabajo Fin de Máster (TFM) es el análisis del estado actual de la integración de la IA en la PM y la identificación y estudio de las tendencias y áreas de aplicación emergentes, mostrando tanto los casos de éxito como los desafíos existentes. Se busca sentar base para estrategias futuras, proporcionando una visión que guíe la integración de la IA en la PM, a través del análisis de la literatura científica reciente sobre la IA y su relación o impacto en la gestión de proyectos.

Los temas que se tratarán van desde la recopilación y análisis de estudios relevantes existentes hasta la evaluación de casos prácticos, buscando comprender el estado actual de la implementación de la IA en PM e identificar oportunidades de mejora y proyecciones futuras. Para ello se realizará una revisión de la literatura mediante el estudio de los documentos existentes extraídos de una rigurosa búsqueda.

También se destaca el interés académico, por el cual se busca contribuir al conocimiento existente, ofreciendo una perspectiva actualizada y crítica sobre el impacto de la IA en el campo de la gestión de proyectos.

Gracias a este enfoque, este TFM presenta un gran potencial para la mejora de la eficiencia, precisión y capacidad de respuesta en la gestión de proyectos, mostrando diversas herramientas que podrían potenciar la efectividad y el éxito de los proyectos.

La estructura de este trabajo será la siguiente:

Primera parte: desarrollo del marco teórico, donde se explican los conceptos obtenidos en la revisión bibliográfica de forma teórica para poner en contexto al lector, para el posterior estudio de estos conceptos.

Segunda parte: explicación de la metodología seguida para la investigación y la obtención de los documentos, así como de las herramientas utilizadas y los resultados obtenidos, clasificados de acuerdo con los criterios que se determinan en el mismo capítulo.

Tercera parte: análisis de los resultados obtenidos. A su vez, esta sección se dividirá en dos partes, una primera en la que se realiza un análisis cuantitativo y una segunda parte con un análisis cuantitativo de dichos resultados.

Cuarta parte: desarrollo de diferentes conclusiones como producto de los resultados obtenidos, además de posibles tendencias futuras.

Anexos: tabla resumen de los documentos obtenidos en la revisión bibliográfica con los datos del autor, año de publicación y enlace de DOI.

3. MARCO TEÓRICO

En esta sección inicial, se abordarán de manera teórica los conceptos que serán utilizados más adelante en el estudio de los resultados y las interconexiones entre ellos. Estos conceptos han sido obtenidos a partir de las búsquedas realizadas.

Primero, se expondrán los fundamentos relacionados con la inteligencia artificial, para luego pasar a los aspectos de la gestión de proyectos.

3.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La inteligencia artificial (IA) ha dejado de ser un concepto futurista para convertirse en una realidad presente en las vidas cotidianas actuales. Desde los asistentes virtuales en los teléfonos hasta los sistemas avanzados de diagnóstico médico, la IA está transformando la manera en que se interactúa con el mundo y en la resolución de problemas complejos.

La inteligencia artificial se refiere a la capacidad de una máquina para imitar funciones cognitivas humanas como el aprendizaje, el razonamiento y la autocorrección (Rouhiainen, 2018). Este campo interdisciplinario combina conocimientos de informática, matemática, neurociencia y psicología, entre otras disciplinas, para crear sistemas capaces de realizar tareas que, tradicionalmente, requerirían inteligencia humana.

El auge de la IA se debe a los avances en las tecnologías que la hacen posible, como el aprendizaje automático, el procesamiento del lenguaje natural, la visión por computadora, o los sistemas de recomendación, cada uno desempeñando un importante rol en la capacidad de las máquinas para comprender y actuar sobre el mundo que las rodea.

A continuación, se verán las tecnologías más destacadas en la actualidad de la gestión de proyectos.

3.1.1. APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

El aprendizaje automático (Machine Learning, ML), es una rama de la IA centrada en desarrollar algoritmos y técnicas que permitan a las máquinas aprender y mejorar a partir de la experiencia (Díaz-Ramírez, 2021). Estos sistemas utilizan datos para identificar patrones y hacer predicciones, ajustándose y mejorando continuamente a medida que se alimentan de más información.

El ML permite a las computadoras adquirir habilidades sin ser programadas específicamente para cada tarea (Flores, 2020). Este proceso de aprendizaje se basa en el análisis de grandes volúmenes de datos, donde los algoritmos identifican patrones y relaciones subyacentes. Al aprender de los datos, las máquinas pueden tomar decisiones informadas y realizar tareas complejas de manera autónoma.

El ciclo de vida de un modelo de DL incluye las siguientes etapas:

1. Recopilación de datos: reunir grandes cantidades de datos relevantes y de alta calidad.
2. Preprocesamiento de datos: limpiar y transformar los datos para asegurar su idoneidad para el análisis.
3. Entrenamiento del modelo: utilizar los datos preprocesados para entrenar el algoritmo, ajustando sus parámetros para minimizar errores.
4. Evaluación del modelo: probar el modelo con datos no vistos anteriormente para evaluar su precisión y capacidad de generalización.
5. Implementación: desplegar el modelo entrenado en un entorno real para realizar predicciones en tiempo real.
6. Mantenimiento: monitorear el desempeño del modelo y actualizarlo con nuevos datos para mantener su precisión.

El aprendizaje automático se divide en varias categorías principales, cada una con diferentes enfoques y aplicaciones (Pasquinelli, Cafassi, Monti, Peckaitis y Zarauza, 2022):

- Aprendizaje supervisado: los algoritmos se entrenan utilizando un conjunto de datos etiquetados, es decir, cada entrada viene con una etiqueta o salida correspondiente que el algoritmo intenta predecir.

- Aprendizaje no supervisado: para cuando los datos no están etiquetados. El algoritmo intenta descubrir patrones y estructuras ocultas dentro de los datos sin una guía explícita.
- Aprendizaje por refuerzo: un agente aprende a tomar decisiones mediante la interacción con un entorno, recibiendo recompensas o castigos en función de las acciones que toma.
- Aprendizaje semi-supervisado: combina aspectos del aprendizaje supervisado y no supervisado. Utiliza una pequeña cantidad de datos etiquetados y una gran cantidad de datos no etiquetados para mejorar la precisión del modelo.

El aprendizaje automático se puede aplicar a casi todos los sectores, transformando la forma en que se aborda la resolución de problemas complejos:

- Salud: diagnóstico de enfermedades, personalización de tratamientos y análisis de imágenes médicas.
- Finanzas: detección de fraude, análisis de riesgos y comercio algorítmico.
- Marketing: personalización de ofertas, análisis de sentimientos y optimización de campañas publicitarias.
- Transporte: vehículos autónomos, optimización de rutas y mantenimiento predictivo.
- Tecnología: motores de recomendación, asistentes virtuales y reconocimiento de voz.

El aprendizaje automático presenta varios desafíos, como la calidad y cantidad de datos, la interpretabilidad de los resultados o la seguridad y privacidad de la información. Aun así, se prevé como una tecnología muy prometedora, y según vaya evolucionando, se espera que continúe mejorando la vida cotidiana.

3.1.1.1. RED NEURONAL

Una red neuronal (RN) es una estructura computacional formada por nodos interconectados, conocidos como neuronas, organizadas en capas (López y Fernández, 2008). Estas capas incluyen una capa de entrada, una o varias capas ocultas y una de salida. Cada neurona recibe varias entradas, las cuales procesa y transmite el resultado a las neuronas de la siguiente capa.

El objetivo de la RN es aprender a realizar tareas específicas ajustando los pesos de las conexiones entre las neuronas. Esto se realiza mediante algoritmos de entrenamiento que minimizan el error entre las predicciones de la red y los valores reales.

Existen varios tipos de redes neuronales:

Perceptrón multicapa (MLP): tipo más básico de RN, formado por una capa de entrada, una o más ocultas y una capa de salida.

Redes neuronales convolucionales (CNN): para procesar datos con una estructura de cuadrícula, como imágenes.

Redes neuronales recurrentes (RNN): enfocadas en el procesamiento de datos secuenciales y temporales. La red mantiene memoria de estados anteriores, indispensable para tareas como la predicción de series temporales y el procesamiento del lenguaje natural (NLP). Existen variantes como LSTM (Long Short-Term Memory) y GRU (Gated Recurrent Unit) tratan problemas de *vanishing gradient* y del uso de dependencias a largo plazo.

Redes neuronales recurrentes de memoria a corto y largo plazo (LSTM): son un tipo de red neuronal recurrente diseñada para solucionar el problema de la desaparición del gradiente en las redes neuronales recurrentes tradicionales (Fernández, 2021). Permiten que la información sea retenida y recordada durante largos períodos de tiempo, esto hace que sean perfectas para modelar secuencias de datos con dependencias a largo plazo.

Redes generativas antagónicas (GAN): formadas por dos redes neuronales que compiten entre ellas, un generador y un discriminador. Utilizadas en la generación de imágenes, música y otros tipos de datos sintéticos.

Las redes neuronales han proporcionado las siguientes mejoras en el uso de la IA, gracias a su capacidad para aprender y generalizar a partir de grandes volúmenes de datos:

Visión por computador: para la clasificación de imágenes, detección de objetos y reconocimiento facial.

Procesamiento del lenguaje natural (NLP): mejoran tareas de traducción automática, resumen de texto y chatbots.

Reconocimiento de voz: permite la conversión de voz a texto y mejora la comprensión del lenguaje hablado.

Diagnóstico médico: para detectar enfermedades mediante el análisis de imágenes médicas y datos de pacientes.

Finanzas: predice precios de activos, detecta fraudes y automatiza el trading.

3.1.1.2. APRENDIZAJE PROFUNDO

El Aprendizaje Profundo (Deep Learning, DL), es una subdisciplina del aprendizaje automático que ha revolucionado la inteligencia artificial. Utiliza redes neuronales artificiales junto a capas para modelar y resolver problemas complejos, en concreto aquellos que incluyen grandes volúmenes de datos no estructurados, como imágenes, texto o audio.

El aprendizaje profundo se basa en redes neuronales profundas. Estas redes están inspiradas en la arquitectura del cerebro humano y están formadas por varias capas de neuronas artificiales (Quirumbay, Castillo y Coronel, 2022). Cada capa recibe, procesa y transmite datos a la siguiente capa. Las capas más profundas pueden captar características más abstractas y complejas permitiendo a las redes neuronales aprender representaciones jerárquicas de la información.

El DL utiliza algoritmos avanzados para ajustar los pesos de las conexiones entre neuronas para minimizar el error entre la predicción de la red y el valor real, utilizando técnicas de optimización.

El DL ofrece las siguientes ventajas (Bosch, Roma y Bagén, 2019):

- Capacidad de manejar datos no estructurados: procesa y extrae características significativas de datos no estructurados como imágenes, audio y texto.
- Automatización de la extracción de características: las RRNN aprenden automáticamente las representaciones relevantes de los datos.
- Escalabilidad: pueden manejar grandes cantidades de datos y utilizar hardware (GPUs y TPUs) para acelerar el entrenamiento.

3.1.1.3. MÁQUINA DE SOPORTE VECTORIAL

Las Máquinas de Soporte Vectorial (Support Vector Machines, SVM), son una técnica de aprendizaje supervisado utilizada para clasificación y regresión (Moscovitz y Rengifo, 2010). Las SVM buscan la distancia entre el hiperplano y los puntos de datos más cercanos. Estos puntos son los vectores de soporte, siendo los que realmente influyen en la posición y orientación del hiperplano.

Las SVM se aplican en diversos campos gracias a su capacidad para manejar problemas de clasificación complejos y de alta dimensionalidad:

- Reconocimiento de imágenes: clasifican objetos en imágenes, detectan caras y reconocen caracteres.
- Bioinformática: clasifican genes, predicen enfermedades y analizan secuencias de ADN.
- Text Mining: clasifican textos, detectan spam y analizan sentimientos.
- Finanzas: predicen riesgos, detectan fraudes y analizan el mercado.

Gracias a la disponibilidad de recursos computacionales más potentes, las SVM se pueden aplicar a problemas cada vez más complejos y junto a otras técnicas de aprendizaje automático para proporcionar soluciones híbridas.

3.1.2. LÓGICA DIFUSA

La lógica difusa, (Fuzzy Logic, FL) es una extensión de la lógica clásica que permite gestionar la incertidumbre y la imprecisión existentes en muchos problemas del mundo real (Zadeh, 1996). La diferencia con la lógica tradicional es que se basa en valores discretos (verdadero o falso), permitiendo que las variables tengan un espectro continuo de valores entre 0 y 1.

La FL se aplica en una amplia variedad de campos gracias a su capacidad para manejar la incertidumbre y tomar decisiones basadas en reglas aproximadas (Ramirez, 2019).

- Control difuso: utilizado en sistemas de control donde las relaciones entre variables son imprecisas.
- Procesamiento de imágenes: mejora imágenes con técnicas de suavizado y realce utilizando conjuntos difusos para representar y procesar los píxeles.
- Sistemas expertos: para diagnósticos médicos y sistemas de asesoramiento, pueden modelar el conocimiento humano y proporcionar decisiones en situaciones complejas.
- Toma de decisiones: en el ámbito empresarial, para decisiones estratégicas, permite evaluar múltiples factores con incertidumbre y variabilidad.

Las técnicas híbridas combinan lógica difusa con otras metodologías de IA (redes neuronales o algoritmos evolutivos) proporcionando soluciones más robustas y adaptativas a problemas complejos. Esto hace que la FL sea una herramienta poderosa en la IA, permitiendo manejar la incertidumbre de forma más efectiva.

3.1.3. BP GRIS

El concepto de BP Gris en la IA se refiere a una técnica que combina la retropropagación (BP, Backpropagation) con la teoría de sistemas grises. Esta unión permite mejorar el rendimiento y la adaptabilidad de los modelos de aprendizaje automático en situaciones donde los datos son inciertos, incompletos o escasos (Li, Cheng, Shi y Huang, 2012).

La retropropagación es un método utilizado en el entrenamiento de redes neuronales artificiales, basado en el ajuste de los pesos de las conexiones neuronales para minimizar el error entre las salidas teóricas y las salidas reales (Cilimkovic, 2015).

La teoría de sistemas grises es una metodología que trata problemas con información parcial o incierta (Julong, 1982). Los sistemas grises se utilizan para modelar situaciones donde los datos son insuficientes o incompletos, permitiendo extraer patrones y tendencias a partir de datos limitados.

El BP Gris se puede aplicar en diversos campos donde la incertidumbre y la escasez de datos son comunes. Algunas aplicaciones son:

- Pronóstico financiero: predice tendencias en mercados financieros con datos históricos limitados y sujetos a fluctuaciones impredecibles.
- Ingeniería de control: para sistemas de control donde las condiciones operativas son inciertas y los modelos precisos son difíciles de obtener.
- Diagnóstico médico: para el análisis de datos médicos incompletos, identifica patrones y diagnósticos precisos en situaciones con información limitada.
- Gestión de proyectos: para estimar plazos y recursos según datos históricos insuficientes, mejorando la precisión en la planificación y la toma de decisiones.

El BP Gris permite manejar de mejor forma la incertidumbre, ofreciendo resultados más exactos, además de su capacidad de adaptación a las diferentes condiciones de los datos, siendo los resultados más precisos.

3.1.4. OTRAS

Otras tecnologías que también se nombran posteriormente, pero en menor medida, son las siguientes:

- Algoritmo del Moho Limoso:

El algoritmo del moho limoso está basado en el comportamiento de los mohos mucilaginosos, los cuales son organismos que pueden encontrar rutas óptimas para la búsqueda de alimentos. Este algoritmo se utiliza para la optimización de rutas y redes, aprovechando la capacidad para adaptarse a cambios en el entorno y encontrar soluciones eficientes a problemas complejos.

- Mapa Cognitivo Difuso (FCM):

Un Mapa Cognitivo Difuso es una herramienta de modelado que representa el conocimiento y las relaciones causales entre conceptos utilizando lógica difusa (Rodríguez, Tarragó, Zúñiga y Loor, 2021). Los FCM son útiles para capturar incertidumbres y ambigüedades en sistemas complejos, permitiendo una representación más flexible y dinámica de las interacciones entre elementos.

- Mapa Cognitivo Neutrosófico (NCM):

Los Mapas Cognitivos Neutrosóficos basados en los FCM, a los que les añade la teoría neutrosófica, la cual maneja información imprecisa, incierta y contradictoria (Smarandache y Layva-Vázquez, 2018). Los NCM muestran sistemas donde las relaciones entre conceptos pueden ser ambiguas o contradictorias, de forma más completa y detallada, mejorando la toma de decisiones en entornos inciertos.

- Modelos de Incrustación de Palabras:

Los modelos de incrustación de palabras son técnicas de procesamiento del lenguaje natural que representan palabras en un espacio vectorial continuo. Estos modelos capturan similitudes semánticas entre palabras, permitiendo que las máquinas comprendan y procesen el texto de manera más efectiva y natural.

- Sistema Multiagente (MAS):

Un Sistema Multiagente está formado por varios agentes autónomos que interactúan entre sí y con su entorno para resolver problemas complejos (Ponce, Torres, Quezada, Silva, Martínez, Casali, ... y Pedreño, 2014). Los MAS se aplican en áreas como la simulación, robótica o gestión de recursos, donde la cooperación y la coordinación entre agentes son necesarias para alcanzar objetivos comunes.

- Unidad Recurrente Cerrada (GRU):

Las Unidades Recurrentes Cerradas son un tipo de red neuronal recurrente que se utiliza para gestionar secuencias de datos de manera eficiente (Bustamante, 2023). Las GRU, como las LSTM, pueden capturar dependencias a largo plazo en los datos, pero con una estructura más simple, por lo que son una mejor opción para tareas como el procesamiento de lenguaje natural y la predicción de series temporales.

- Matriz de Estructura de Diseño (DSM):

La Matriz de Estructura de Diseño es una herramienta para visualizar y analizar las interdependencias entre componentes de un sistema o proyecto. La DSM ayuda a identificar mejoras en la organización y coordinación del trabajo, optimizando procesos y reduciendo riesgos en el desarrollo de productos y sistemas complejos.

- Método de Modelado Interpretativo Estructural (ISM):

El Método de Modelado Interpretativo Estructural es una técnica utilizada para estructurar y representar las relaciones entre elementos de un sistema. ISM ayuda a descomponer sistemas complejos en componentes más manejables, clarificando las jerarquías y dependencias para facilitar la comprensión y la toma de decisiones estratégicas.

3.2. GESTIÓN DE PROYECTOS

La gestión de proyectos es una disciplina esencial en el mundo moderno, ya que permite organizar y dirigir recursos para lograr objetivos específicos en un tiempo determinado, es decir, se trata de aplicar conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para cumplir con los requisitos del proyecto y entregar resultados que generen valor.

A continuación, se van a ver los elementos clave que forman la gestión de proyectos. Posteriormente, se estudiarán los diferentes sectores que se trabajan mediante proyectos.

3.2.1. ELEMENTOS

3.2.1.1. COSTES Y PRESUPUESTOS

Los costes y presupuestos son elementos fundamentales en la gestión de proyectos, ya que permiten planificar, controlar y monitorear los recursos financieros necesarios para completar un proyecto con éxito. La correcta gestión de estos aspectos asegura que los proyectos se mantengan dentro de las restricciones financieras y temporales, evitando sobrecostes y garantizando la viabilidad económica.

La planificación de costes es el primer paso en la gestión financiera de un proyecto. Implica la estimación detallada de todos los recursos económicos necesarios (materiales, mano de obra, equipos y gastos directos e indirectos). Las técnicas más comunes para la estimación de costes son la estimación análoga, paramétrica y de tres puntos.

El presupuesto de un proyecto es una representación financiera que incluye las estimaciones de costes y establece un límite de gasto aprobado (Pastor, 2009). Este documento actúa como marco de referencia para la asignación de recursos y la toma de decisiones financieras a lo largo del ciclo de vida del proyecto. El presupuesto debe ser realista y alcanzable, proporcionando un equilibrio entre la optimización de costes y la calidad del proyecto.

El control de costes se realiza durante la ejecución del proyecto. Consiste en la comparación del rendimiento financiero real con el presupuesto planificado para identificar desviaciones y tomar medidas correctivas cuando sea necesario. Herramientas como el análisis de valor ganado (EVM) y los informes de variación permiten a los directores de proyectos

evaluar si los costes y los tiempos de ejecución se alinean con las expectativas iniciales.

Durante la vida de un proyecto, es común que ocurran cambios en el alcance, los requerimientos o el entorno, y cada cambio puede tener un impacto en el presupuesto. La gestión de cambios implica la evaluación y aprobación de estos cambios, asegurando que se consideren los costes adicionales y que se ajustan los presupuestos en consecuencia.

3.2.1.2. GESTIÓN Y CONTROL

La gestión y el control de proyectos son componentes esenciales para asegurar que los objetivos de un proyecto se cumplan dentro del alcance, tiempo y coste planificados. Estos procesos implican la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para planificar, ejecutar, monitorear y cerrar un proyecto con éxito.

La planificación es la base de la gestión de proyectos. Se incluye la definición de los objetivos del proyecto, el establecimiento de su alcance, la identificación de los recursos necesarios y la elaboración de un cronograma detallado (Drudi, 2002). También implica la creación de un plan de comunicación para asegurar que todos los miembros del equipo y las partes interesadas estén informados y alineados. Un plan de gestión de proyectos bien definido actúa como un mapa que guía al equipo a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

La fase de ejecución implica la implementación de los planes elaborados en la etapa de planificación. Durante esta fase, los recursos se asignan y gestionan para llevar a cabo las actividades del proyecto. Se debe supervisar el progreso y realizar ajustes según sea necesario para mantenerse en línea con el plan. La coordinación efectiva del equipo de proyecto y la gestión de las expectativas de las partes interesadas son fundamentales en esta etapa.

El monitoreo y control de proyectos es un proceso constante que se realiza durante toda la vida del proyecto. Este proceso implica la supervisión del progreso del proyecto para asegurarse de que se está avanzando según lo planeado. Herramientas como el análisis de valor ganado (EVM), los gráficos de Gantt y los diagramas de control son esenciales para revisar el rendimiento del proyecto en términos de tiempo, coste y alcance.

El control de cambios es una parte importante de este proceso. Los proyectos rara vez se desarrollan exactamente como se planeó inicialmente, y los cambios en el alcance, los plazos o los recursos pueden ser necesarios. La gestión de cambios asegura que cualquier alteración se evalúe adecuadamente y se implemente de manera controlada, minimizando el impacto negativo en el proyecto (Reyes, 2015).

Una buena gestión y control del proyecto permite:

- Supervisión Continua
- Detección Temprana de Problemas
- Mejora de la Comunicación
- Optimización de Recursos

3.2.1.3. RIESGOS

La gestión de riesgos en proyectos asegura que los posibles problemas que puedan afectar el éxito del proyecto sean identificados, analizados y gestionados. La finalidad es minimizar el impacto negativo de estos riesgos y maximizar las oportunidades que puedan surgir (Ocaña, 2013).

La identificación de riesgos es el primer paso, se realiza una evaluación para detectar cualquier evento o condición que pueda afectar al proyecto. Este proceso puede implicar diversas técnicas, como brainstorming, análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) y revisiones de documentación de proyectos anteriores.

Una vez identificados, los riesgos deben ser analizados para comprender su impacto y la probabilidad de que ocurran. El análisis cualitativo de riesgos clasifica los riesgos según su severidad y probabilidad, generalmente en categorías como alto, medio y bajo. El análisis cuantitativo de riesgos profundiza más, utilizando modelos matemáticos y estadísticos para estimar el impacto financiero y temporal de los riesgos en el proyecto (Wallace, 2014). Herramientas como el análisis de Monte Carlo y los diagramas de influencia son comunes en esta etapa.

La planificación de respuestas a los riesgos implica desarrollar acciones para reducir las amenazas. Las estrategias de respuesta incluyen:

- Evitar: cambiar el plan del proyecto para eliminar la amenaza.
- Mitigar: reducir la probabilidad o el impacto del riesgo.
- Transferir: pasar el riesgo a una tercera parte, por ejemplo, mediante seguros.
- Aceptar: reconocer el riesgo y decidir no tomar ninguna acción a menos que el riesgo ocurra.

Cada riesgo identificado debe tener un plan de respuesta claro, asignando responsabilidades específicas dentro del equipo del proyecto.

El monitoreo y control de riesgos asegura que los riesgos se supervisen y se gestionen de manera eficaz. Incluye la revisión constante del registro de riesgos, la reevaluación de los riesgos existentes y la identificación de nuevos riesgos. También se deben revisar y ajustar los planes de respuesta a riesgos conforme cambia la situación del proyecto.

Existe software especializado para facilitar la gestión de riesgos, como como RiskyProject o Primavera Risk Analysis, los cuales permiten a los directores de proyectos realizar análisis complejos y desarrollar planes de respuesta. Los métodos ágiles también incorporan prácticas de gestión de riesgos, como las revisiones periódicas y las retrospectivas, para manejar los riesgos de manera iterativa y adaptable.

3.2.1.4. PLAZOS Y TIEMPO

La gestión de plazos y tiempos en la gestión de proyectos es crucial para asegurar que un proyecto se complete de manera eficiente y dentro del cronograma establecido. Esto implica la planificación, seguimiento y control de todas las actividades del proyecto para garantizar que se cumplan los plazos previstos.

La planificación del cronograma es el primer paso en la gestión del tiempo de un proyecto, implica definir todas las actividades necesarias para completar el proyecto y organizarlas en un cronograma detallado (Amendola, 2009). Los directores de proyectos utilizan técnicas como la descomposición del trabajo (EDT) para dividir el proyecto en tareas más manejables y secuenciadas de manera lógica.

Una vez que las actividades están definidas y secuenciadas, es necesario estimar la duración de cada una. Las técnicas de estimación pueden variar desde métodos simples, como la estimación de tres puntos (optimista, pesimista y más probable), hasta métodos más complejos, como el análisis PERT (Program Evaluation and Review Technique). Estas estimaciones permiten prever el tiempo total necesario para completar el proyecto.

Para desarrollar el cronograma se deben integrar todas las actividades, sus duraciones y dependencias en un cronograma coherente (Pajares y López, 2008). Para ello existen herramientas de software de gestión de proyectos, como Microsoft Project o Primavera P6, las cuales se suelen utilizar para crear diagramas de Gantt y diagramas de red. En este proceso también se identifica el camino crítico (secuencia de actividades que determina la duración mínima del proyecto).

El seguimiento y control del cronograma es un proceso constante que se lleva a cabo durante todo el ciclo de vida del proyecto. Para ello se monitorea el progreso de las actividades y se compara el avance real con el cronograma planificado. Si se identifican desviaciones, se deben implementar acciones correctivas para realinear el proyecto con el cronograma previsto.

3.2.1.5. OTROS

DATOS

La gestión de datos, elemento de la gestión de proyectos, donde la inteligencia artificial (IA) desempeña un papel creciente. Al aprovechar las capacidades de la IA, los directores de proyectos pueden tomar decisiones más informadas, anticiparse a los problemas y optimizar el rendimiento del proyecto de manera más eficiente (Abadal, 2004).

La gestión óptima de datos permite:

- Toma de decisiones basada en datos.
- Seguimiento y control del proyecto.
- Mejora continua.
- Predicción y anticipación de problemas.

RECURSOS

La gestión de recursos es un elemento de la gestión de proyectos, que abarca la planificación, asignación y control de los recursos necesarios para llevar a cabo las tareas y alcanzar los objetivos del proyecto.

Una buena gestión de los recursos permite:

- Optimización de recursos: maximiza el uso de los recursos disponibles, minimizando los costes y el tiempo de ejecución del proyecto.
- Asignación equitativa: de manera justa y eficiente para cumplir con las demandas de las diferentes actividades del proyecto.
- Reducción de conflictos: ayuda a prevenir conflictos relacionados con la competencia por los recursos escasos dentro del proyecto.
- Control de costes: mantiene el proyecto dentro del presupuesto establecido.

PRL

La Prevención de Riesgos Laborales (PRL) se centra en garantizar la seguridad y la salud de todas las personas involucradas en el desarrollo de un proyecto. La PRL contempla un conjunto de medidas y acciones destinadas a identificar, evaluar y controlar los riesgos laborales presentes en el entorno de trabajo, con el objetivo de prevenir accidentes, lesiones y enfermedades laborales.

El primer paso en la gestión de la PRL es identificar los posibles riesgos laborales asociados con las actividades del proyecto (Sánchez, 2006). Esto implica realizar una evaluación exhaustiva de los peligros presentes en el lugar de trabajo, tanto físicos como psicosociales, y determinar qué actividades o situaciones podrían representar un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

Una vez identificados, es importante evaluar la probabilidad y el impacto de los riesgos identificados. Esta evaluación ayuda a priorizar los riesgos y determinar qué medidas de control son necesarias para minimizar o eliminar el riesgo. Se utilizan diversos métodos de evaluación de riesgos, como matrices de riesgos, análisis de causa raíz y evaluaciones cualitativas y cuantitativas.

Una vez evaluados, se implementan medidas de control para reducir los riesgos a un nivel aceptable. Estas medidas pueden incluir controles técnicos, como el uso de equipos de protección personal (EPP), controles administrativos, como la implementación de procedimientos de trabajo seguro, y controles de ingeniería, como el diseño de instalaciones seguras.

La supervisión y el seguimiento continuos son esenciales para garantizar la efectividad de las medidas de control implementadas. Se deben realizar inspecciones periódicas del lugar de trabajo para identificar posibles desviaciones o nuevos riesgos, y se deben tomar medidas correctivas de manera oportuna para mitigar cualquier riesgo identificado.

COMUNICACIÓN

La gestión de la comunicación en proyectos es necesaria para garantizar el flujo efectivo de información entre todos los interesados y partes involucradas en el proyecto, contribuyendo al éxito general de este y ayudando a garantizar que se cumplan los objetivos establecidos.

Los elementos relevantes de la gestión de la comunicación son:

- Definición de la Estrategia de Comunicación
- Identificación de Interesados
- Plan de comunicación
- Selección de canales de comunicación
- Gestión de la información
- Monitoreo y retroalimentación
- Resolución de conflictos

RRHH

La gestión de recursos humanos (RRHH) es un elemento crítico en la gestión de proyectos, ya que implica la coordinación óptima de las personas involucradas en el proyecto para lograr los objetivos establecidos. Es importante integrar la gestión de RRHH con otras áreas de gestión del proyecto para optimizar el rendimiento del equipo y maximizar la eficiencia y efectividad en la consecución de los objetivos del proyecto.

Los puntos clave de la gestión de RRHH son:

- Planificación de recursos humanos
- Selección y adquisición de personal
- Desarrollo y gestión del talento
- Asignación de recursos humanos
- Supervisión y dirección del equipo
- Gestión de conflictos
- Gestión de la comunicación

3.2.2. SECTORES

3.2.2.1. CONSTRUCCIÓN

El sector de la construcción es uno de los pilares fundamentales de la economía global, ya que abarca una amplia gama de actividades relacionadas con la edificación y la infraestructura. Este sector está formado por la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de estructuras y obras de infraestructura.

Actualmente, la construcción se enfrenta a diversos desafíos, como la gestión eficiente de los recursos, la necesidad de reducir el impacto ambiental y la mejora de la seguridad laboral (Ródriguez y Fernández, 2010). Este sector destaca por su alto consumo de materiales y energía, lo que genera una huella ambiental significativa, por ello, la sostenibilidad se ha convertido en un objetivo central, impulsando el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos de construcción ecológica.

La digitalización y la innovación tecnológica están transformando la construcción. Tecnologías como la modelación de información de construcción (BIM), la impresión 3D, y el uso de drones están revolucionando la forma en que se planifican y ejecutan los proyectos. Estas tecnologías mejoran la eficiencia, precisión y facilitan la colaboración entre los diferentes involucrados en un proyecto.

La construcción cuenta con una amplia variedad de trabajadores, siendo la gestión de estos muy importante para asegurar el cumplimiento de tiempo y presupuesto (Siña, 2018). Actualmente, se enfrenta un periodo de escasez de mano de obra cualificada, dando lugar a un aumento de la automatización y del uso de maquinaria avanzada para suplir esta falta.

Económicamente, el sector de la construcción tiene un gran impacto en el empleo y crecimiento del PIB. Los proyectos de construcción a gran escala, como la infraestructura de transporte y los desarrollos urbanos, pueden fomentar la economía local mediante la creación de empleos y la atracción de inversiones.

3.2.2.2. INDUSTRIA 4.0

La Industria 4.0 representa una nueva era en la fabricación y producción industrial, caracterizada por la integración de tecnologías avanzadas y sistemas ciber-físicos (Pérez Martín, 2022). Este concepto, también conocido como la Cuarta Revolución Industrial, se basa en la digitalización de todos los procesos industriales, facilitando una interconexión entre máquinas, sistemas y productos.

La Industria 4.0 cuenta con dos pilares fundamentales. El Internet de las Cosas (IoT), que permite que los dispositivos y sistemas se comuniquen y compartan datos en tiempo real, mejorando la eficiencia y la toma de decisiones. Y el análisis de Big Data, que proporciona insights valiosos a partir de grandes volúmenes de datos generados en tiempo real, lo que permite a las empresas optimizar procesos y prever problemas antes de que ocurran.

La IA y el ML juegan un importante papel en la Industria 4.0, ya que permiten a las máquinas aprender de los datos y mejorar continuamente sus operaciones sin intervención humana, aumentando la productividad y reduciendo los errores (Miranda, 2010). La automatización avanzada, mediante el uso de robots colaborativos, permite la ejecución de tareas complejas y repetitivas con una precisión y consistencia que superan las capacidades humanas.

La impresión 3D, es otra innovación clave, ya que permite la producción de piezas y componentes personalizados de manera rápida y eficiente, reduciendo el desperdicio de material y los tiempos de producción.

3.2.2.3. SOFTWARE / IT

El sector del software y las tecnologías de la información (IT) es una industria que se encuentra en constante evolución, siendo, por lo tanto, de las más dinámicas. Este sector abarca desde el desarrollo de software y aplicaciones hasta la gestión de infraestructuras IT y servicios en la nube.

El desarrollo de software es el centro de este sector. Incluye la creación de sistemas operativos, aplicaciones móviles, software empresarial y soluciones de seguridad informática. Los desarrolladores utilizan diferentes lenguajes de programación y metodologías de desarrollo, como Agile y DevOps, para crear productos de alta calidad de forma rápida y eficiente. La innovación en este campo es constante, con tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y el blockchain.

La gestión de infraestructuras IT es otro importante pilar. Este campo se encarga de la implementación y mantenimiento de hardware, redes y sistemas de almacenamiento de datos (Sheck Munz, 2013). Con el aumento del volumen de datos y la necesidad de accesibilidad constante, los servicios en la nube se han vuelto fundamentales. Proveedores como Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure y Google Cloud Platform ofrecen soluciones que permiten a las empresas almacenar sus aplicaciones y datos en servidores remotos, facilitando el acceso y la colaboración global.

La ciberseguridad es una preocupación creciente en el sector IT. Con el aumento de las amenazas cibernéticas, la protección de datos y la integridad de los sistemas se han convertido en prioridades esenciales. Las empresas invierten en soluciones avanzadas de seguridad, como firewalls, sistemas de detección de intrusos y software de encriptación, para protegerse contra ataques y garantizar la privacidad de la información.

El sector del software e IT también está impulsando la transformación digital en diversas industrias. Las soluciones de software permiten a las empresas automatizar procesos, mejorar la eficiencia operativa y ofrecer mejores experiencias a los clientes. Herramientas como los sistemas de gestión de relaciones con clientes (CRM), los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) y las plataformas de análisis de datos están ayudando a las organizaciones a tomar decisiones informadas basadas en datos.

3.2.2.4. ENERGÍA

El sector energético es pieza fundamental en la economía mundial, ya que suministra la energía necesaria para todas las actividades humanas. Este sector engloba una variedad de fuentes y tecnologías para la generación, transmisión y distribución de energía.

Las fuentes de energía se clasifican en dos categorías: no renovables y renovables. En las fuentes no renovables se encuentran los combustibles fósiles como el petróleo, el gas natural, el carbón y la energía nuclear. Estos recursos siempre han sido predominantes frente a los renovables debido a su alta densidad energética y facilidad de transporte y almacenamiento. No obstante, su uso plantea importantes retos, como la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación ambiental.

Por el contrario, las fuentes de energía renovables están ganando popularidad rápidamente gracias a sus beneficios ambientales y la creciente preocupación por el cambio climático. Estas fuentes incluyen la energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica y biomasa. En concreto, la energía solar y eólica han experimentado una notable expansión debido a los avances tecnológicos que han reducido los costes de producción y aumentado la eficiencia (Guerrero Moreno, 2013). Por ejemplo, los paneles solares fotovoltaicos y las turbinas eólicas son comunes en muchos países, contribuyendo a la reducción de emisiones de carbono.

La transición hacia fuentes de energía más limpias, además del impulso por la preocupación ambiental, también está impulsada por políticas gubernamentales y acuerdos internacionales que promueven la sostenibilidad, ya que se han establecido objetivos para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y aumentar la proporción de energía renovable en la matriz energética de los diferentes países. Esto ha dado lugar a un aumento de los proyectos de energía renovable y a una mayor inversión en tecnologías de almacenamiento de energía, como las baterías de iones de litio.

Además, el sector energético está experimentando una digitalización, mediante la introducción de tecnologías inteligentes y el Internet de las Cosas (IoT) en las redes eléctricas, dando lugar a la creación de "redes inteligentes" que optimizan la generación, distribución y consumo de energía (Miranda, 2021). Estas redes permiten una gestión más eficiente y fiable del suministro energético, mejorando la capacidad de respuesta a las

fluctuaciones en la demanda y facilitando la integración de fuentes de energía distribuida.

Por último, la eficiencia energética se ha convertido en un punto importante. Las innovaciones en electrodomésticos, vehículos eléctricos y sistemas de calefacción y refrigeración están contribuyendo a reducir el consumo de energía en todos los sectores. Los edificios inteligentes, equipados con sistemas avanzados de gestión de energía, están optimizando el uso de energía y reduciendo los costes operativos.

4. METODOLOGÍA

En este trabajo se realiza una revisión bibliográfica sistemática para localizar los estudios relevantes a partir de palabras clave, tratando de sintetizar las aportaciones científicas destacadas en relación con la IA y la gestión de proyectos.

Para realizar la revisión bibliográfica se ha determinado el tema a estudiar, en este caso, la IA aplicada a la gestión de proyectos, y los criterios de búsqueda necesarios. A raíz de estos criterios, se han acotado los resultados obtenidos, los cuales han filtrado y analizado posteriormente.

Gracias a esta revisión se podrá estudiar en profundidad la temática principal e identificar diferentes líneas futuras de investigación.

En esta sección se muestran las herramientas utilizadas y los criterios impuestos para las búsquedas, además del procedimiento seguido para la obtención de la revisión bibliográfica.

4.1. HERRAMIENTAS UTILIZADAS

A continuación, se muestran las herramientas informáticas utilizadas para la obtención de los resultados y redacción de la presente memoria, a las cuales se ha podido acceder gracias a las credenciales de la Universidad Politécnica de Valencia.

4.1.1. Base de datos de Web of Science

La primera herramienta empleada ha sido la Web of Science (WOS), una base de datos que incluye referencias bibliográficas y citas de publicaciones. Esta plataforma es propiedad de Clarivate Analytics y cuenta con la licencia nacional administrada por la Federación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Su alcance abarca los campos de ciencia, tecnología, ciencias sociales y, en menor medida, artes y humanidades (FECYT, 2020).

WOS suministra información bibliográfica esencial para la investigación, posibilitando la evaluación y análisis del rendimiento y calidad científica. Es por ello por lo que se ha seleccionado esta plataforma como principal fuente de información para llevar a cabo la búsqueda de los documentos para el estudio.

Para realizar las diferentes búsquedas es necesario establecer una serie de criterios, como tema, título, autor, títulos de fuente o publicaciones, y año de publicación. WOS ofrece búsquedas multicriterio, permitiendo definir varios criterios con diferentes modalidades, "AND" (para cumplir varios criterios), "OR" (para cumplir uno u otro) y "NOT" (para excluir un criterio).

Para la descarga de los archivos resultantes se ofrece la opción de descarga en varios formatos:

- EndNote Online
- EndNote Desktop
- Archivo de texto sin formato
- RefWorks
- RIS (software de referencia)
- Excel
- Archivo delimitado por tabulador
- Archivo HTML para impresión
- FECYT CVN
- Correo electrónico
- Fast 5000

Estos archivos obtenidos presentan una amplia gama de información y datos que se utilizarán en la investigación posterior. Esta información incluye:

- Tipo de publicación: "J" para revistas y "C" para congresos.
- Autor: nombres de los autores.
- Título: título del artículo en diferentes idiomas (chino y ruso) o de otras plataformas (SciElo).
- Resumen: resumen del documento, junto con resúmenes en inglés y coreano.
- Publicación: fecha de publicación.
- Fuente: título de la fuente, ya sea un libro o una conferencia, con traducciones en árabe o coreano si es el idioma oficial del documento.
- Conferencia: título, fecha, lugar y patrocinador.
- Libro: autores, grupo de autores, editores, título de la serie de libros, subtítulo, volumen, número, página inicial y página final.
- Códigos: ID de los investigadores, ORCIDs, número y asignación de patente, DOI y libro DOI (para publicaciones electrónicas), ISSN y eISSN (para publicaciones seriadas), ISBN (para libros), UT (número de acceso), ID de Pubmed, y número del artículo.

No se analizarán todos los datos disponibles, sino que se seleccionarán aquellos que sean relevantes para el desarrollo del trabajo.

4.1.3. Mendeley

Mendeley es una herramienta de gestión bibliográfica de acceso gratuito, la cual se emplea para almacenar, compartir y citar referencias y datos de investigación de manera eficiente. Ofrece la posibilidad de generar de forma automática bibliografías con una amplia variedad de formatos (Mendeley, 2022).

Para este trabajo, Mendeley ha permitido organizar la bibliografía y la inclusión de citas, siguiendo el formato APA (American Psychological Association) en su séptima edición. Permitiendo simplificar el manejo de referencias y optimizando el proceso de citación.

4.1.4. Microsoft Office

Microsoft Office presenta un conjunto de aplicaciones de ofimática que ofrecen herramientas para la producción y gestión de documentos. En este trabajo se han empleado específicamente dos de estas aplicaciones: Microsoft Word y Microsoft Excel.

Microsoft Word se ha utilizado como plataforma principal para la redacción del documento, gracias a su manera eficiente para crear y formatear textos, ofreciendo una amplia variedad de opciones de edición, facilitando la elaboración de informes.

Por otro lado, Microsoft Excel se ha empleado para la recopilación, clasificación y análisis de los resultados, debido a su capacidad para organizar datos de manera estructurada y para crear gráficos visuales que facilitan la interpretación de la información.

4.2. METODOLOGÍA DE REVISIÓN

El enfoque metodológico utilizado para llevar a cabo la revisión se basa en un riguroso análisis sistemático, el cual implica la identificación, selección y evaluación exhaustiva de la literatura de alta calidad perteneciente a un área específica de investigación (Kitchenham y Charters, 2007; Ensslin et al., 2015). En este contexto, el área de interés es la evolución de la Inteligencia Artificial aplicada a la Gestión de Proyectos.

La Figura 4.1 representa, de forma esquemática el proceso principal utilizado para esta revisión sistemática, en la cual se detallan las etapas clave que se describirán en secciones posteriores para una mejor comprensión.

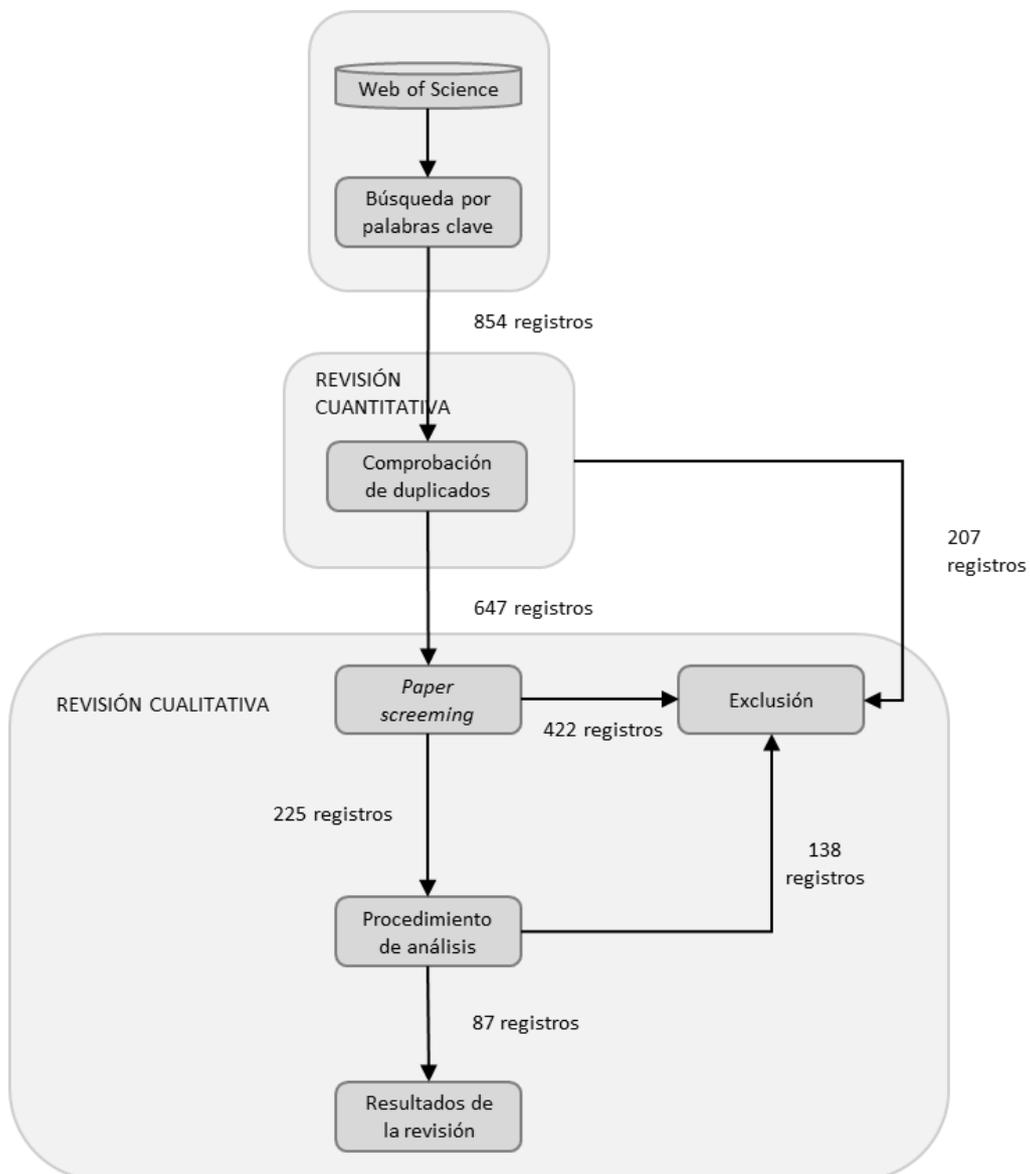


Figura 4.1 Metodología seguida
Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Identificación del campo de estudio y periodo

El campo de estudio del presente trabajo es el uso de la Inteligencia Artificial en la Gestión de Proyectos. Aunque es un tema reciente y actual, ya existe una gran cantidad y variedad de documentos publicados basándose en esta temática, por lo tanto, para acotar este campo se decidió realizar una primera búsqueda para estudiar el estado del arte actual.

A raíz de la primera búsqueda realizada, se decidió limitar las búsquedas a publicaciones científicas de cualquier país en inglés, ya que es el idioma principal de la base de datos utilizada, y que fueran artículos de revistas de impacto internacional o congresos. También se determinó la línea temporal de las búsquedas, para conseguir así documentos actuales, marcándose un periodo de 2013 a septiembre de 2023, es decir, 10 años. Se sabe que se han publicado documentos más actuales posteriormente, fue necesario determinar una fecha límite de las búsquedas para poder así realizar un correcto análisis de los resultados obtenidos.

4.2.2. Realización de las búsquedas

Como se ha mencionado anteriormente, las búsquedas se han realizado con la herramienta Web of Science. Se hicieron un total de 4 búsquedas utilizando los términos "Project Management" y "Artificial Inteligence".

Para la realización de las búsquedas se utilizaron las diferentes modalidades de criterios que ofrece WOS. A continuación, en la tabla 4.1 se muestran los criterios empleados para cada una de las búsquedas:

BÚSQUEDA	ELEMENTO	CRITERIO	ELEMENTO	CRITERIO
Búsqueda 1	Project Management	Topic	Artificial Inteligence	Topic
Búsqueda 2	Project Management	Title	Artificial Inteligence	Topic
Búsqueda 3	Project Management	Topic	Artificial Inteligence	Title
Búsqueda 4	Project Management	Title	Artificial Inteligence	Title

*Tabla 4.1 Búsquedas realizadas en Web of Science
Fuente: Elaboración propia*

Los criterios mostrados consistían en si la preferencia era que el elemento estuviera de forma obligatoria (criterio "AND") en el tema (topic) del documento o simplemente en el título (title).

En total, a partir de estas búsquedas se obtuvieron un total de 854 resultados, distribuidos como se refleja en la Tabla 4.2:

BÚSQUEDA	RESULTADOS
Búsqueda 1	647
Búsqueda 2	42
Búsqueda 3	151
Búsqueda 4	13

*Tabla 4.2 Resultados de las búsquedas
Fuente: Elaboración propia*

Destacan la primera búsqueda, en la cual se obtuvieron un número elevado de resultados, ya que se indicaba que los elementos solo debían aparecer en el tema, haciendo que los resultados fueran más genéricos de temáticas relacionadas, frente a la última, en la cual el número fue más inferior, debido a que se indicó que los elementos debían aparecer en el título, provocando que los resultados obtenidos fueran muchos más específicos y concretos.

4.2.3. Gestión de los resultados

Dado que el número de resultados obtenidos fue tan elevado con solo 4 búsquedas, se decidió cerrar el proceso y comenzar con la gestión de dichos resultados.

En esta gestión se eliminarán los archivos duplicados, no relevantes o no relacionados con la temática del presente documento.

Esta gestión se divide en dos partes, en primer lugar, una revisión cuantitativa y en segundo una revisión cualitativa.

4.2.3.1. Revisión cuantitativa

La revisión cuantitativa se centra en el análisis objetivo de datos a través de métodos estadísticos, sin emitir juicios de valor sobre la calidad de los estudios y buscando obtener conclusiones generales. Esta metodología se enfoca en revisar diferencias superficiales entre los datos, lo que permite posteriormente un análisis más detallado de las características distintivas (Glass, 1976).

En el contexto de este trabajo, debido a la realización de múltiples búsquedas con criterios similares, se optó por realizar una revisión cuantitativa para eliminar la duplicación de documentos.

Para lograr esto, los resultados obtenidos en formato Excel fueron organizados alfabéticamente por nombre de autor y se eliminaron los duplicados, garantizando así la integridad de la revisión. En total se eliminaron 206 resultados, quedando un total de 647 documentos.

4.2.3.2. Revisión cualitativa

Por otro lado, la revisión cualitativa se enfoca en la interpretación y análisis en profundidad de los datos, centrándose en los conceptos y significados inherentes a la investigación (Eisner, 1998). Este enfoque cualitativo permite una comprensión más profunda y contextualizada de los resultados obtenidos.

En este caso, se llevaron a cabo varios pasos para realizar esta revisión.

En primer lugar, se seleccionaron los documentos basándose en sus títulos, asegurando así su relevancia con el tema del trabajo. A raíz de esto se excluyeron 422 resultados, los cuales se dividieron en dos categorías, no relacionados (378 documentos) y poco relacionados (44 resultados).

Luego, se procedió a revisar los resúmenes de cada documento para confirmar su correspondencia con la temática principal y para extraer información relevante para el análisis detallado posterior. En este proceso se eliminaron un total de 138 resultados. En este caso se determinaron 3 diferentes categorías: No relacionados, Poco relacionados y Relacionados. La finalidad de estas categorías era guardar un histórico clasificado de los resultados, para el caso de que fuera necesario ampliar el número de documentos estudiados en un futuro.

En este último paso los resultados no relacionados fueron 77, los poco relacionados 37 y los relacionados 24.

4.2.4. Análisis de los resultados

Finalmente se obtuvieron un total de 87 documentos que se someterán a análisis y estudio a continuación. En la tabla 4.3 se ha recogido un resumen de la selección desarrollada en los apartados anteriores.

	BÚSQUEDA POR PALABRAS CLAVE	R. CUANTITATIVA	R. CUALITATIVA	
		Comprobación de duplicados	Paper screening	Análisis
Duplicados	-	207	-	-
No relacionados	-	-	378	77
Poco relacionados	-	-	44	37
Relacionados	-	-	-	24
SELECCIONADOS	854	647	225	87

*Tabla 4.3 Resumen de la selección
Fuente: Elaboración propia*

Se han indicado los 854 documentos obtenidos mediante la búsqueda por palabras clave (apartado 4.2.2), la revisión cuantitativa (apartado 4.2.3.1) en la que se eliminaron 207 documentos que se encontraban repetidos, y finalmente la revisión cualitativa (apartado 4.2.3.2) en la cual se llevaron a cabo dos pasos, el primero, Paper screening, en el cual se seleccionaron los documentos basándose en sus títulos, eliminando 422 documentos, y en segundo lugar se realizó un análisis final de cada documento para confirmar su correspondencia con la temática principal, descartando 138 documentos y obteniéndose el total de 87 documentos finales.

En la revisión cualitativa, como se indicó anteriormente, se establecieron tres niveles de relación del documento con la temática de estudio (no relacionados, poco relacionados y relacionados). Debido a que se obtuvo un número final considerable de documentos, se decidió desechar los documentos no relacionados y poco relacionados y centrarnos en los 87 finales, a partir de los cuales se realizará el análisis.

5. RESULTADOS

En el presente apartado se describe el análisis de los documentos obtenidos como resultado tras la revisión bibliográfica detallada en el apartado anterior.

Este análisis se ha dividido en dos partes, una primera basada en el análisis superficial de los documentos, es decir, se analiza la información del artículo (fecha, tipo, etc.) y una segunda, basada en el análisis de la información de cada resultado profundizando en ellos (enfoque, temas tratados, etc.).

5.1. ANÁLISIS DE DOCUMENTOS

5.1.1. Clasificación de los documentos

En este análisis, se adopta un enfoque similar al análisis cuantitativo mencionado previamente. En esta ocasión, se examinan los documentos utilizando los datos proporcionados por la Web of Science, empleando las credenciales de la Universidad Politécnica de Valencia, tal como se indicó anteriormente.

El análisis se ha llevado a cabo utilizando la plataforma Excel para crear las gráficas necesarias. Esta fase inició con la información obtenida en formato Excel, que incluía datos como autor, título, fuente y resumen de los documentos analizados.

Al ampliar el análisis, se puede profundizar en aspectos como la frecuencia de publicación, las tendencias en áreas específicas de investigación y posibles relaciones entre autores o temas abordados en los documentos analizados. Esto proporcionará una visión más completa y detallada de la temática estudiada, permitiendo identificar patrones y áreas de interés relevantes para futuras investigaciones.

5.1.1.1. Clasificación por año

La figura 5.1 y tabla 5.1 que se muestran a continuación, muestran los documentos publicados con los criterios indicados en el análisis cada año, durante el periodo de estudio.

AÑO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
DOC.	1	2	4	2	0	2	7	12	20	24	13

Tabla 5.1 Publicaciones obtenidas por años
Fuente: Elaboración propia

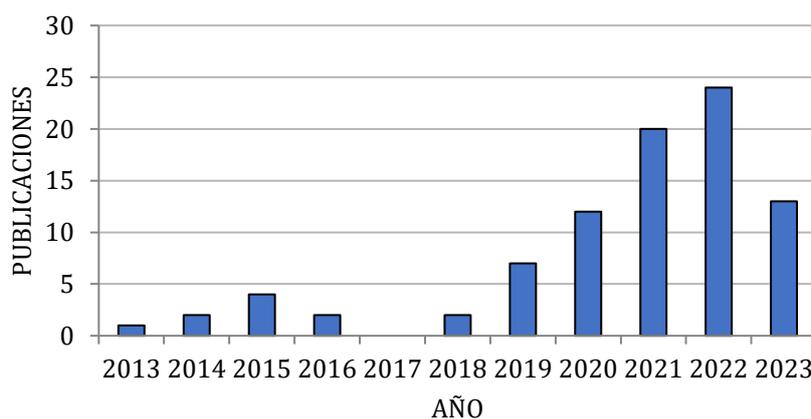


Figura 5.1 Publicaciones obtenidas por años
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, se produce un gran incremento de las publicaciones a lo largo del tiempo (la tabla mostrada a continuación muestra el número de publicaciones en cada año).

Los primeros años, cuando se comienza a aplicar la IA y se comienza a estudiar su uso, se puede ver como se publican entre 1 y 2 publicaciones anuales. Tras seis años en los que se han aplicado las tecnologías y ya se han obtenido resultados, se puede observar cómo se produce un gran incremento de las publicaciones, produciendo un aumento progresivo y acelerado. Esto nos muestra el interés que existe actualmente por estas tecnologías y su probable desarrollo en el futuro.

Cabe destacar, que en el año 2023 se aprecia una disminución de las publicaciones, esto se debe a que este año fue estudiado hasta la mitad, por lo que se puede deducir que el número de publicaciones totales podría superar al del año anterior.

5.1.1.2. Clasificación por tipo

Los criterios de búsqueda establecidos se centraron en la selección de artículos científicos y congresos relacionados con el uso de la inteligencia artificial en la gestión de proyectos. Sin embargo, los resultados obtenidos se limitan exclusivamente a artículos científicos. Esta situación revela la novedad y la relativa juventud de la temática central abordada en este trabajo.

Es decir, actualmente se está investigando activamente el uso y la aplicación de la inteligencia artificial en la gestión de proyectos, pero aún no se han desarrollado congresos específicos que aborden esta temática de manera extensa. Esta situación resalta la importancia de esta área emergente y el interés creciente que genera en la comunidad científica y profesional.

La ausencia de resultados relacionados con congresos no solo refleja la novedad del tema, sino también la necesidad de continuar explorando y expandiendo el conocimiento en este campo. A medida que la investigación avanza y se acumula más evidencia sobre los beneficios y desafíos de la IA en la gestión de proyectos, es probable que surjan oportunidades para la organización de eventos académicos y profesionales dedicados exclusivamente a este tema en evolución.

5.1.1.3. Clasificación por revista

Dado que todos los documentos obtenidos son artículos científicos se va a proceder al análisis de las revistas donde se han publicado estos artículos.

En la siguiente tabla, Tabla 5.2, se muestran las revistas en las que se han publicado algunos de los documentos obtenidos. Se va a proceder a la revisión de aquellas en las que el número de publicaciones es mayor. Aunque existe una gran variedad de revistas, se puede observar que tienen como elementos comunes que tratan temas de tecnología, industria y actualidad.

Source/Journal	Publicaciones
Automation In Construction	5
Journal Of Construction Engineering and Management	4
Journal Of Information Technology in Construction	4
Sustainability	4
Energies	2
Experts Systems With Applications	2
Ieee Access	2
Journal Of Civil Engineering and Management	2
Journal Of Intelligent & Fuzzy Systems	2
Project Management Journal	2
Scientific Reports	2
Soft Computing	2
Symmetry-Basel	2

*Tabla 5.2 Revistas
Fuente: Elaboración propia*

La primera revista, *Automation in Construction*, es una publicación internacional que aborda investigaciones relacionadas con el uso de tecnologías de la información en diversos aspectos como diseño, ingeniería, tecnologías de la construcción, mantenimiento y gestión de proyectos de construcción. Esta revista está clasificada en el primer cuartil (Q1), lo que significa que se encuentra entre el 25% superior de las revistas de mayor impacto en su área. Esta clasificación resalta su influencia significativa dentro de la comunidad investigadora a nivel global.

Los tres siguientes puestos coinciden en número de publicaciones. En primer lugar, tenemos la revista *Journal Of Construction Engineering And Management* se dedica a la publicación de artículos de alta calidad que tienen como objetivo avanzar en el campo de la ingeniería de la construcción, integrar las prácticas constructivas con las teorías de diseño, y fomentar la educación e investigación en ingeniería y gestión de la construcción. Entre los temas que aborda se encuentran, aunque no se limitan a ellos, el manejo de materiales de construcción, equipos, planificación de la producción, especificaciones, programación, estimación, control de costes, control de calidad, productividad laboral, inspección, administración de contratos, gestión de la construcción, aplicaciones informáticas y preocupaciones ambientales.

La siguiente revista, *Journal Of Information Technology In Construction* es una revista académica revisada por pares que se enfoca en el uso de tecnologías de la información en arquitectura, ingeniería civil y gestión de instalaciones. Los artículos de ITcon se envían y publican únicamente de forma electrónica. La revista se compromete a minimizar los retrasos en la publicación y a promover la máxima flexibilidad en la forma en que los lectores utilizan la revista para la enseñanza, la investigación y la erudición, manteniendo al mismo tiempo estrictos estándares de revisión por pares.

Por último, la revista *Sustainability* es una publicación internacional revisada por pares y de acceso abierto que aborda la sostenibilidad ambiental, cultural, económica y social de los seres humanos. Es publicada quincenalmente en línea por MDPI. El Consorcio Canadiense de Investigación e Innovación en Transporte Urbano (CUTRIC), el Consejo Internacional para la Investigación e Innovación en Edificación y Construcción (CIB) y el Instituto de Terreno Urbano (ULI) están afiliados con *Sustainability*, y sus miembros reciben descuentos en los cargos por procesamiento de artículos.

5.2. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

A continuación, se procede al análisis de la información, el cual se asemeja al análisis cualitativo realizado anteriormente. En este análisis se revisará la información que ofrece cada documento, la cual se recogió y clasificó durante el filtrado de los documentos, para su análisis actual, permitiendo clasificar y estudiar estos datos.

5.2.1. Clasificación por enfoque

En primer lugar, se han clasificado los documentos según el enfoque que siguen, es decir, por la intencionalidad del documento. Para ello se han determinado tres diferentes tipos de enfoques:

- **Aplicación:** implementación de un teorema desde una perspectiva teórica, es decir, desarrollo de una teoría sobre la metodología de la aplicación de la IA desde una perspectiva teórica.
- **Estudio:** análisis de un tema concreto, es decir, se valoran los resultados prácticos que se obtienen de la implementación de la IA en la gestión de proyectos.
- **Revisión:** estudio del estado del arte o evolución de algún tema.

En base a esta clasificación se han obtenido los resultados mostrados en la tabla 5.3:

ENFOQUE	PUBLICACIONES
Aplicación	52
Estudio	31
Revisión	4

*Tabla 5.3 Documentos según enfoque
Fuente: Elaboración propia*

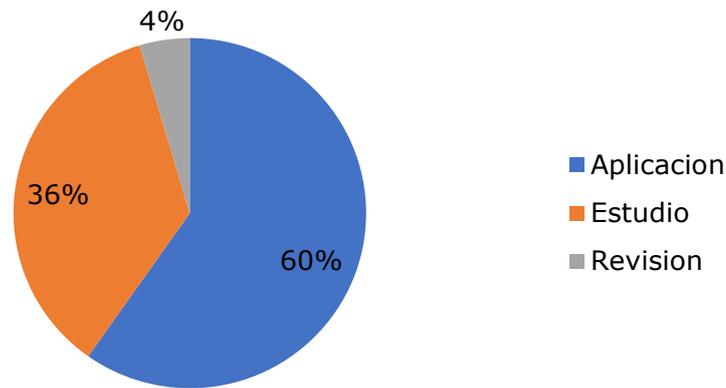


Figura 5.2 Documentos según enfoque
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 5.2, la cantidad de artículos enfocados a aplicaciones es mucho mayor al resto, frente a la pequeña cantidad de enfoques a revisión. Estos sucesos se explicarán a continuación.

En primer lugar, se observa el enfoque a aplicación, al cual pertenecen el 60% de los documentos, siendo más de la mitad de ellos. Esto se debe a la juventud de la temática del presente trabajo, tal y como se ha indicado anteriormente, actualmente se encuentra en pleno desarrollo la aplicación de la IA en la PM, por lo tanto, la gran mayoría de los artículos publicados se basan en desarrollar una teoría de forma teórica del uso de las tecnologías. A continuación, en la Tabla 5.4, se muestran los artículos enfocados a aplicaciones, mostrando el objetivo que sigue cada artículo.

TÍTULO	OBJETIVOS
Artificial intelligence for BIM content management and delivery: Case study of association rule mining for construction detailing	Desarrollo de un sistema de objetos asociables según contexto que predice las necesidades de contenido logrando un ahorro de tiempo en flujos de trabajo BIM con la aplicación de IA.
Developing an Integrative Data Intelligence Model for Construction Cost Estimation	Desarrollo de un algoritmo basado en IA para estimar los costes de los proyectos.

Accelerating Use of Drones and Robotics in Post-Pandemic Project Supply Chain	Desarrollo de un modelo de optimización para la gestión de la cadena de suministros con IA para almacenes.
Triangular Neutrosophic Cognitive Map for Multistage Sequential Decision-Making Problems	Desarrollo de un mapa cognitivo, como modelo, para realizar diagnósticos, decisiones y predicciones en la evaluación de proyectos con múltiples decisiones.
Predicting the outcome of construction incidents	Desarrollo de un modelo para predecir los incidentes y proponer mecanismos de prevención.
Predicting the Occurrence of Construction Disputes Using Machine Learning Techniques	Desarrollo de un modelo para predecir los litigios sobre datos empíricos.
Presenting a Hybrid Scheme of Machine Learning Combined with Metaheuristic Optimizers for Predicting Final Cost and Time of Project	Desarrollo de un modelo que mediante algoritmos predice el plazo y coste de un proyecto.
Predicting failures in agile software development through data analytics	Desarrollo de un método para predecir mediante IA los fallos del software.
Identification and risk management related to construction projects	Desarrollo de un modelo para determinar las amenazas y fortalezas de los proyectos de construcción.
Can Artificial Intelligence Assist Project Developers in Long-Term Management of Energy Projects? The Case of CO2 Capture and Storage	Desarrollo de un marco de comunicación y participación en proyectos energéticos con el uso de IA.

Design and implementation of web based risk management system based on artificial neural networks for software projects: WEBRISKIT

Diseño de un proceso de gestión de riesgos para minimizar los daños que puedan producirse en las primeras etapas del ciclo de vida de un software, dando un enfoque preventivo, mediante el uso de IA.

Challenges of upgrading craft workforce into Construction 4.0: framework and agreements

Desarrollo de un marco de uso de datos para la supervisión electrónica del rendimiento, modelado de la información y realización de contratos inteligentes.

Hybrid Computational Model for Forecasting Taiwan Construction Cost Index

Desarrollo de un procedimiento junto al uso de IA para realizar estimaciones presupuestarias precisas y ofertas adecuadas, haciendo frente a la variabilidad del ICC.

Predicting the Volatility of Highway Construction Cost Index Using Long Short-Term Memory

Aplicación de un modelo de memoria a largo plazo para la estimación de costes.

Symbiotic organisms search-optimized deep learning technique for mapping construction cash flow considering complexity of project

Desarrollo de un modelo de IA para ayudar a los directores a prever y controlar el flujo de caja de los proyectos de construcción.

Novel Approach to Estimating Schedule to Completion in Construction Projects Using Sequence and Non Sequence Learning

Desarrollo de un modelo para generar estimaciones de programación fiables para facilitar la planificación y seguimiento de los proyectos de construcción.

Cash flow prediction for construction project using a novel adaptive time-dependent least squares

Desarrollo de un modelo para la predicción del flujo de cada con el uso de IA.

support vector machine
inference model

The Engineering Machine-Learning Automation Platform (EMAP): A Big-Data-Driven AI Tool for Contractors' Sustainable Management Solutions for Plant Projects

Desarrollo de una plataforma para analizar y ayudar a la toma de decisiones, respuesta ante el riesgo y la prevención de errores.

Cloud evolutionary computation system for advanced engineering analytics

Desarrollo de un sistema de aprendizaje automático para dar una analítica web fácil para realizar predicciones de problemas.

Optimized artificial intelligence models for predicting project award price

Desarrollo de un modelo para prever los importes de las adjudicaciones de los proyectos.

I-Competere: Using applied intelligence in search of competency gaps in software project managers

Desarrollo de un modelo para predecir el comportamiento de los trabajadores, permitiendo prever las necesidades de los recursos.

INTEGRATING IFC AND NLP FOR AUTOMATING CHANGE REQUEST VALIDATIONS

Desarrollo de un modelo de datos para gestionar el cambio, llegando a automatizar la introducción de cambios en los proyectos de construcción.

Project performance prediction model linking agility and flexibility demands to project type

Desarrollo de un modelo de predicción del desempeño de proyectos según liderazgo, agilidad y flexibilidad de la organización.

Construction Cost Simulation Based on Artificial Intelligence and BIM

Desarrollo de un sistema de simulación de costes de un proyecto de construcción con IA unida al uso de BIM.

Predictive risk modeling for major transportation projects using historical data	Desarrollo de un modelo para identificar riesgos usando datos históricos e IA.
Predicting the Success of Projects Using Evolutionary Hybrid Fuzzy Neural Network Method in Early Stages	Desarrollo de un modelo para predecir los costes y el tiempo de un proyecto. Modelo basado en el EVM.
A New Decision Support System At Estimation Of Project Completion Time Considering The Combination Of Artificial Intelligence Methods Based On Earn Value Management Framework	Desarrollo de un modelo para estimar el plazo de financiación de los proyectos.
An Advanced LSTM Model for Optimal Scheduling in Smart Logistic Environment: E-Commerce Case	Desarrollo de un modelo para aplicar la IA a proyectos, centrándose en los campos de logística o asignación de recursos.
Modeling Construction Site Cost Index Based on Neural Network Ensembles	Desarrollo de un modelo de estimación de costes con el uso de redes neuronales
FORECASTING OF SPORTS FIELDS CONSTRUCTION COSTS AIDED BY ENSEMBLES OF NEURAL NETWORKS	Desarrollo de un modelo para la predicción de costes junto al uso BIM.
Multiagent System to Simulate Risk-Allocation and Cost-Sharing Processes in Construction Projects	Desarrollo de un sistema multiagente (MAS) para simular las negociaciones, riesgos y sobrecostes de los proyectos de construcción.

Accident prediction in construction using hybrid wavelet-machine learning

Desarrollo de un modelo para predecir el número de accidentes laborales en proyectos de construcción.

Building applications for smart and safe construction with the DECENTER Fog Computing and Brokerage Platform

Desarrollo de una metodología para usar métodos de IA en proyectos de construcción a lo largo de todas sus fases, como seguridad, gestión de obras, recursos, residuos o activos.

Team Formation for Human-Artificial Intelligence Collaboration in the Workplace: A Goal Programming Model to Foster Organizational Change

Desarrollo de un modelo basado en la programación por objetivos para asignar de forma óptima al equipo de trabajo, consiguiendo que estos no presenten resistencia al cambio.

Using an Artificial Neural Network for Improving the Prediction of Project Duration

Desarrollo de una herramienta de aprendizaje profundo (IA) para predecir la duración de los proyectos.

CONCEPTUAL ESTIMATION OF CONSTRUCTION DURATION AND COST OF PUBLIC HIGHWAY PROJECTS

Desarrollo de un método para estimar costes y duración de los proyectos usando aprendizaje automático (ML).

Application of neural networks and neuro-fuzzy models in construction scheduling

Desarrollo de modelos de redes neuronales artificiales para llevar a cabo la programación de proyectos de construcción y el control de las actividades.

A knowledge-based risk management tool for construction projects using case-based reasoning

Desarrollo de una aplicación web que usa casos anteriores y similitudes entre proyectos para detectar riesgos.

Automated Monitoring of Construction Sites of Electric Power Substations Using Deep Learning	Desarrollo de un sistema automatizado de gestión de construcción mediante la monitorización remota, con Deep Learning (DL) y Redes Neuronales.
Cost Forecasting of Public Construction Projects Using Multilayer Perceptron Artificial Neural Networks: A Case Study	Desarrollo de redes neuronales para prever el coste de ejecución de proyectos de construcción.
A hybrid method for improved stability prediction in construction projects: A case study of stope hangingwall stability	Desarrollo de un método híbrido para predecir la estabilidad de los proyectos de construcción mediante el uso de aprendizaje automático (ML).
Integration between BIM and Agent-based simulation for the 4.0 detailed design	Desarrollo de un prototipo de integración para optimizar los recursos disponibles.
Forecasting the scheduling issues in engineering project management: Applications of deep learning models	Desarrollo de un modelo de previsión con memoria a corto plazo y unidad recurrente cerrada para reducir errores en la planificación de los proyectos.
Application of slime mold algorithm to optimize time, cost and quality in construction projects	Desarrollo de un algoritmo de Moho Limosos para optimizar problemas de tiempo, coste y calidad en proyectos de construcción.
Time-cost-quality-CO2 emissions optimization in construction management using slime mold algorithm opposition tournament mutation	Uso del algoritmo de Moho Limoso para gestionar tiempo, coste y calidad.

Research on Intelligent Grading Evaluation of Water Conservancy Project Safety Risks Based on Deep Learning	Desarrollo de un modelo de predicción del riesgo, que realiza una gestión eficiente e inteligente en proyectos de conservación de agua.
Knowledge chain integration of design structure matrix-based project team: An integration model	Desarrollo de un modelo de resolución de problemas de cooperación entre departamentos.
RESEARCH ON CONSTRUCTION COST ESTIMATION BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY	Desarrollo de un modelo de estimación de costes mediante redes neuronales y BP para determinar cómo aplicarlos a proyectos de construcción.
Artificial Intelligence Technology Based on Deep Learning in Building Construction Management System Modeling	Desarrollo de un modelo de Deep Learning para el control de la fiabilidad del progreso de una construcción basado en BIM.
IoT-assisted machine learning model for engineering project warehouse management	Desarrollo de un modelo de aprendizaje automático para gestionar almacenes de proyectos de ingeniería.
Graph-based deep learning model for knowledge base completion in constraint management of construction projects	Desarrollo de un modelo de Deep Learning para gestionar materiales, mano de obra y documentos de proyectos de construcción.
Prediction of Risk Delay in Construction Projects Using a Hybrid Artificial Intelligence Model	Desarrollo de un modelo híbrido (unión de IA con un algoritmo genético) para la predicción de retrasos en proyectos de construcción.

Tabla 5.4 Documentos según enfoque aplicación
Fuente: Elaboración propia

Centrándonos en los casos más recurrentes se encuentra el desarrollo de modelos y algoritmos para la predicción y estimación de costes y tiempos en proyectos, utilizando técnicas como algoritmos de aprendizaje automático, redes neuronales y modelos híbridos que combinan diferentes enfoques para mejorar la precisión de estas estimaciones.

Otro objetivo común es la optimización de procesos específicos dentro de los proyectos, como la gestión de la cadena de suministros, la asignación de recursos, la gestión de riesgos y la planificación de actividades. Estos modelos buscan mejorar la eficiencia operativa y reducir costes asociados a estos procesos, lo que puede tener un impacto significativo en la rentabilidad y éxito global de los proyectos.

Además, se destaca la importancia de la predicción y prevención de incidentes mediante el desarrollo de modelos predictivos. Estos modelos pueden abordar una variedad de riesgos, desde fallos en el software hasta accidentes laborales, litigios y retrasos en los proyectos. Al anticipar estos eventos, las organizaciones pueden tomar medidas proactivas para mitigar riesgos, evitar costes adicionales y mantener la seguridad en el lugar de trabajo.

Asimismo, se mencionan objetivos relacionados con la mejora de la toma de decisiones en diferentes áreas de gestión de proyectos, como la asignación de tareas, la planificación financiera y la coordinación de equipos de trabajo. El uso de herramientas basadas en IA puede proporcionar información más precisa y oportuna, lo que facilita la toma de decisiones fundamentadas.

La integración de la IA con tecnologías existentes, como el Building Information Modeling (BIM), algoritmos genéticos, sistemas multiagente (MAS) y Deep Learning (DL), también es un elemento común en muchos objetivos. Esta integración busca aprovechar sinergias y mejorar la eficacia de los modelos desarrollados, así como aumentar la capacidad de análisis y procesamiento de datos en tiempo real.

En conclusión, estos documentos se centran en la optimización, predicción, prevención de riesgos, mejora de decisiones y la integración tecnológica para impulsar la eficiencia y el éxito en proyectos de diferentes sectores, desde la construcción hasta la ingeniería y la gestión de recursos energéticos.

En segundo lugar, y en menor medida, se encuentran los estudios, formando un 36% de los artículos. En este enfoque se recoge un análisis de los resultados de las aplicaciones vistas anteriormente, es decir, se estudian los resultados de la aplicación de la IA en la PM, valorando sus ventajas y desventajas. La Tabla 5.5, muestra los artículos enfocados a estudios, indicando el objetivo que sigue cada artículo

TÍTULO	OBJETIVOS
Deep Learning Models for Health and Safety Risk Prediction in Power Infrastructure Projects	Estudio del uso de DL (IA) para la gestión de seguridad y salud a partir de una base de datos que permite ver los retos en dicha materia, minimizar los costes y dar estrategias eficaces para reducir los riesgos.
Estimation at Completion Simulation Using the Potential of Soft Computing Models: Case Study of Construction Engineering Projects	Estudio del uso de IA para calcular la tendencia de cambio y coste de los proyectos, para ayudar a los directores de proyectos a controlar los costes.
APPLICATION OF MACHINE LEARNING TO LIMITED DATASETS: PREDICTION OF PROJECT SUCCESS	Estudio del uso del aprendizaje automático (IA) para analizar cuantitativamente los factores de éxito de los proyectos de construcción.
AI and Text-Mining Applications for Analyzing Contractor's Risk in Invitation to Bid (ITB) and Contracts for Engineering Procurement and Construction (EPC) Projects	Estudio de dos diferentes herramientas de IA para el análisis de riesgos en los contratos.
Investigating the impact of emerging technologies on construction safety performance	Estudio de la influencia de las tecnologías emergentes (entre ellas la IA) en la seguridad y salud en la construcción)

Potentials of artificial intelligence in construction management	Estudio del alcance que tiene la IA en la gestión de proyectos de construcción, siendo esta un apoyo para las tareas organizativas.
Bibliometric Analysis of the Application of Artificial Intelligence Techniques to the Management of Innovation Projects	Análisis bibliográfico de la literatura existente sobre las áreas de gestión de proyectos (gestión de riesgos, costes y plazos) en las que la IA está teniendo un mayor impacto.
An Authoritative Study on the Near Future Effect of Artificial Intelligence on Project Management Knowledge Areas	Estudio de la mejora producida por la IA en la gestión de proyectos en cada categoría de las diferentes áreas de conocimiento del PMI
The Expectations of Project Managers from Artificial Intelligence: A Delphi Study	Estudio empleando Delphi sobre las futuras aplicaciones que tendrá la IA en la gestión de proyectos.
ACCEPTANCE OF CONTEMPORARY TECHNOLOGIES FOR COST MANAGEMENT OF CONSTRUCTION PROJECTS	Estudio de la aplicación de la tecnología 4.0 (entre ellas la IA), evaluándolas para su aplicación en la gestión de proyectos de construcción.
Optimization of Ecological and Economic Aspects of the Construction Schedule with the Use of Metaheuristic Algorithms and Artificial Intelligence	Estudio de la aplicación de un indicador ecológico mediante IA para optimizar la sostenibilidad y el rendimiento económico de los proyectos de construcción.
Scientific and Applied Tools for Project Management in a Turbulent Economy with the Use of Digital Technologies	Estudio de las herramientas de gestión de proyectos en economías turbulentas mediante el uso de diferentes tecnologías, IA entre ellas.
Can Artificial Intelligence be a Critical Success Factor of Construction Projects?:	Estudio de la rentabilidad del uso de IA en proyectos del sector de la construcción mediante entrevistas.

Project practitioners' perspectives

Construction Project Claim Management under the Background of Wireless Communication and Artificial Intelligence

Estudio de la gestión de las reclamaciones de ingeniería del sector de la construcción mediante la aplicación de IA.

Early warning of engineering project knowledge management risk based on artificial intelligence

Estudio de los riesgos para poder dar una alerta temprana, mediante la gestión del conocimiento y el uso de IA.

Applying Deep Learning and Single Shot Detection in Construction Site Image Recognition

Estudio del uso de IA para estudiar fotos de los trabajadores y poder tomar decisiones en relación con la seguridad y salud.

Financial Risk Management Prediction of Mining and Industrial Projects using Combination of Artificial Intelligence and Simulation Methods

Estudio del uso de IA para la predicción de riesgos económicos.

A Change Management Approach with the Support of the Balanced Scorecard and the Utilization of Artificial Neural Networks

Estudio del uso de IA para gestiones administrativas y financieras de proyectos de construcción.

Prospects, drivers of and barriers to artificial intelligence adoption in project management

Estudio del uso de IA en la gestión de proyectos.

Identifying issues in adoption of AI practices in construction supply chains: towards managing sustainability

Estudio de los problemas en la aplicación de la IA en los proyectos de construcción.

Utilizing Industry 4.0 on the Construction Site: Challenges and Opportunities	Estudio de la integración de la Industria 4.0 (entre las tecnologías se encuentra la IA) en los proyectos de construcción.
Machine learning in project analytics: a data-driven framework and case study	Estudio y evaluación del algoritmo de aprendizaje profundo automático (con IA) para su aplicación en proyectos.
Analysis of the use of artificial intelligence in the management of Industry 4.0 projects. The perspective of Polish industry	Estudio del uso de IA en proyectos de la Industria 4.0 para ver su alcance y las barreras que se presentan.
A comparative study of Artificial Intelligence methods for project duration forecasting	Estudio de diferentes métodos de IA para predecir la duración de los proyectos.
Support Vector Machine Regression for project control forecasting	Estudio del uso de métodos de vectores de soporte mediante IA , frente al método del valor ganado, para estimaciones de tiempo y coste de los proyectos.
Data Analytics and Artificial Intelligence in the Complex Environment of Megaprojects: Implications for Practitioners and Project Organizing Theory	Estudio del uso de IA (entre otras tecnologías) en megaproyectos para la entrega digital de proyectos.
Theoretical framework of Fuzzy-AI model in quantitative project management	Estudio de la aplicación de tecnologías de IA para la toma de decisiones en la gestión de proyectos durante sus diferentes etapas.
Project engineering management evaluation based on GABP neural network and artificial intelligence	Estudio de la aplicación de las redes de aprendizaje automático a la gestión de tecnologías de proyectos.

Research on grey situation decision in the context of system analysis of village planning projects using fuzzy TOPSIS	Estudio de un proyecto en el que la IA analiza la planificación de la estructura del proyecto e identifica la opción óptima para tomar decisiones.
Applications of Smart Technologies in Construction Project Management	Estudio sobre las aplicaciones de las IA a la gestión del tiempo, coste y calidad de los proyectos.
A Resource Scheduling Method for Enterprise Management Based on Artificial Intelligence Deep Learning	Estudio del cambio de gestión normal a gestión por proyectos aplicando la IA para dicha gestión y asignación de los recursos.

*Tabla 5.5 Documentos según enfoque estudio
Fuente: Elaboración propia*

En esta ocasión, los documentos tienen como objetivo ofrecer una visión detallada de cómo esta tecnología puede transformar diferentes aspectos de la planificación, ejecución y control de proyectos, especialmente en sectores como la construcción e ingeniería. Entre los temas recurrentes y elementos comunes en estos estudios se destacan:

Uno de los enfoques principales es la gestión de riesgos y seguridad, donde la IA, incluyendo técnicas como el Deep Learning (DL) y el aprendizaje automático, se emplea para mejorar la seguridad y salud en proyectos de construcción. Estos análisis utilizan bases de datos para identificar patrones, minimizar costes asociados a incidentes laborales y proponer estrategias efectivas para reducir riesgos en el lugar de trabajo.

Otro tema relevante es el control de costes y tendencias de cambio. Aquí, la IA se utiliza para calcular tendencias de cambio y estimar costes en proyectos, proporcionando herramientas analíticas a los directores de proyectos para controlar presupuestos de manera efectiva y tomar decisiones informadas.

El análisis de factores de éxito y mejora de procesos es otro punto central. Los estudios emplean IA, especialmente a través del aprendizaje automático, para analizar cuantitativamente los factores que contribuyen al éxito de los proyectos. Esto ayuda a identificar áreas de mejora en los

procesos de construcción y gestión de proyectos, optimizando recursos y tiempos de ejecución.

La gestión de contratos y reclamaciones también es abordada. Se evalúa el uso de herramientas de IA en el análisis de riesgos contractuales y la gestión de reclamaciones en proyectos de ingeniería y construcción, lo que contribuye a una ejecución más eficiente de contratos y proyectos.

Además, se exploran aplicaciones en la Industria 4.0, evaluando cómo la IA puede optimizar la gestión de proyectos en un entorno digitalizado, y se investigan formas de mejorar la toma de decisiones estratégicas a lo largo de todas las etapas de un proyecto, desde la planificación hasta la entrega final.

Por último y en un porcentaje mucho más inferior, 5%, se encuentran los artículos enfocados a revisiones. Estos documentos están enfocados en estudiar el estado del arte actual de las investigaciones existentes sobre el uso de la IA en la gestión de proyectos, por esta razón, el porcentaje es menor, es decir, dada la novedad de la temática, el número de publicaciones existentes es menor, por lo tanto, la cantidad de análisis de estos documentos también es menor. Esto destaca el valor del presente TFM, ya que resumir la literatura existente sobre un tema no es un trabajo fácil, pero aporta mucha información útil para la comunidad investigadora, permitiendo conocer lo que hay, dónde se publica, los restos pendientes, etc. La Tabla 5.6, muestra los artículos enfocados a revisiones, indicando el objetivo que sigue cada artículo

TÍTULO	OBJETIVOS
Assessing the influence of industry 4.0 technologies on occupational health and safety	Análisis de la literatura existente sobre el impacto de las tecnologías 4.0 en la prevención de riesgos laborales.
Drivers, barriers and social considerations for AI adoption in business and management: A tertiary study	Revisión de la documentación existente sobre el uso de IA en la gestión de proyectos de diversos sectores.

Project management: openings for disruption from AI and advanced analytics	Revisión de la literatura sobre el uso de IA en la gestión de proyectos.
Artificial intelligence for the management of water projects and the management of water resources: A bibliographical analysis	Revisión bibliográfica del uso de IA en la gestión de proyectos de construcción como recurso híbrido.

*Tabla 5.6 Documento según enfoque revisión
Fuente: Elaboración propia*

Estos documentos ofrecen una visión profunda sobre cómo esta tecnología está impactando diversas áreas y sectores. Entre los elementos comunes y destacables en estos estudios se encuentran varios enfoques clave.

En primer lugar, se destaca el análisis del impacto de las tecnologías 4.0 en la prevención de riesgos laborales. Aquí, la IA se presenta como una herramienta fundamental para monitorear y analizar condiciones laborales, identificar patrones de riesgo y proponer estrategias efectivas de prevención. Esta integración de tecnologías avanzadas no solo busca mejorar la seguridad en el trabajo, sino también optimizar los procesos de gestión de riesgos en diferentes entornos laborales.

Además, las revisiones abarcan múltiples sectores, lo que refleja un interés generalizado en comprender cómo la IA está siendo utilizada en la gestión de proyectos en diferentes industrias. Desde la fabricación hasta la construcción, energía y tecnología, la IA se está aplicando para optimizar procesos, mejorar la toma de decisiones y aumentar la eficiencia operativa en áreas clave de proyectos específicos.

Dentro de estas revisiones, se dedica un análisis especial al uso de IA en proyectos de construcción, presentando como un recurso híbrido que combina sistemas inteligentes con la experiencia humana. Esta combinación busca mejorar la planificación, ejecución y control de proyectos en un sector que demanda alta precisión y coordinación.

Un punto importante de estas revisiones es ofrecer una perspectiva sobre la evolución y estado actual del uso de IA en la gestión de proyectos. Desde

las primeras aplicaciones hasta las tendencias actuales, se revisan estudios, metodologías, herramientas y resultados para comprender el impacto real y potencial de la IA en este campo en constante evolución.

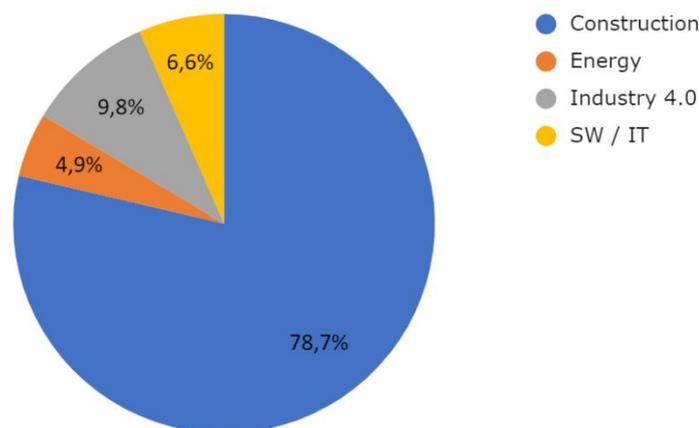
Como se puede observar, este enfoque se caracteriza por tener una cantidad limitada de documentos publicados. Esto subraya la relevancia de este TFM, ya que sintetizar la literatura disponible sobre un tema no es una tarea sencilla, pero proporciona una gran cantidad de información valiosa para la comunidad de investigación. Ofrece una visión sobre la cantidad de literatura existente, las fuentes de publicación, los desafíos pendientes, entre otros aspectos relevantes.

5.2.2. Clasificación por sectores

También se han estudiado los sectores en los que se enfocan los diferentes documentos, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 5.7 y figura 5.3:

SECTOR	PUBLICACIONES
Construcción	48
Industria (4.0)	6
SW / IT	4
Energía	3

*Tabla 5.7 Publicaciones según sector
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 5.3 Publicaciones según sector
Fuente: Elaboración propia*

En primer lugar, encontramos el sector de la construcción con un 78.7% de los documentos, esto indica un claro interés y aplicación de la IA en este ámbito. Se deduce que la industria de la construcción está adoptando las tecnologías innovadoras para mejorar la eficiencia, la calidad en la gestión de proyectos, la gestión de recursos y la seguridad en los sitios de trabajo. Los avances en IA están siendo aprovechados para optimizar la planificación, el diseño, la ejecución y el mantenimiento de los proyectos constructivos de diversa escala y complejidad

En segundo lugar, con un porcentaje muy inferior, 9,8%, se encuentra la integración de la IA en la Industria 4.0, dando lugar a la automatización y digitalización de procesos industriales. La IA se está aplicando para mejorar la eficiencia en la fabricación, la logística, la gestión de la cadena de suministro y la toma de decisiones en tiempo real. También se está investigando sobre la optimización de la producción, el mantenimiento predictivo, la gestión inteligente de la energía y la creación de fábricas inteligentes.

Seguida de cerca, se encuentra el sector de la Energía, con un 6.6% de los documentos, en los que se muestra como la IA ayuda a optimizar la producción, distribución y gestión de la energía. En este caso se está aplicando la IA para mejorar la eficiencia de las redes eléctricas, la planificación, la gestión de recursos renovables y la predicción de la demanda energética, contribuyendo a la transición hacia sistemas energéticos más sostenibles.

Por último, con un 4.9% de los documentos, se encuentra el sector del Software/IT, en el que la IA ayuda a desarrollar herramientas innovadoras, sistemas inteligentes y soluciones tecnológicas. La IA está favoreciendo el avance en diversas áreas como el análisis de datos, la automatización de procesos, la seguridad cibernética, la inteligencia empresarial y el desarrollo de aplicaciones inteligentes.

5.2.3. Clasificación por tecnologías

La Inteligencia Artificial contempla una gran variedad de tecnologías y técnicas diferentes, dando lugar a un amplio campo multidisciplinario, con la finalidad de reproducir procesos cognitivos humanos y desarrollar sistemas capaces de aprender, razonar y tomar decisiones.

Dentro de los documentos obtenidos como resultados se han estudiado las diferentes tecnologías que se tratan, obteniendo la tabla 5.8:

TECNOLOGÍA IA	PUBLICACIONES
General	42
Red Neuronal Artificial (RNA)	10
Aprendizaje automático (AM / ML)	10
Deep Learning (DP; Aprendizaje Profundo)	6
Máquina de Vectores (MSV)	4
Memoria a corto plazo (LSTM)	4
Lógica difusa (FL)	3
Red Neuronal (RN)	3
Algoritmo del Moho Limoso	2
BP gris	2
Bosque aleatorio (RF)	1
Mapa cognitivo difuso (FCM)	1
Mapa cognitivo neutrosófico (NCM)	1
Red neuronal recurrente (RNN)	1
Red Neuronal Profunda	1

Memoria a largo plazo (LSTM)	1
Procesamiento del Lenguaje Natural (PNL)	1
Modelos de incrustación de palabras	1
Sistema Multiagente (MAS)	1
Unidad recurrente cerrada (GRU)	1
Matriz de estructura de diseño (DSM)	1
ISM	1

*Tabla 5.8 Publicaciones según tecnologías
Fuente: Elaboración propia*

Como se puede observar, la variedad de tecnologías tratadas es muy amplia, por lo tanto, se ha decidido centrar el estudio en aquellas que se repiten en mayor medida, dando lugar a la tabla 5.9.

IA TECNOLOGÍA	PUBLICACIONES
General	42
RN	15
AM / ML	10
DL	6
MSV	4
LSTM	4
FL	3
BP gris	2
Otras	12

*Tabla 5.9 Publicaciones según tecnologías más recurrentes
Fuente: Elaboración propia*

El primer concepto, "General", se refiere a que se trata la IA en general, sin centrarse en ninguna tecnología concreta, por lo tanto, también se van a eliminar estos documentos, aunque representan la mayor cantidad. También se desechan "Otras", tal y como se indica anteriormente, representa a tecnologías muy poco tratadas o en caso excepcionales.

Finalmente, las tecnologías en las que nos vamos a centrar son las mostradas en la tabla 5.10 y resumidas en la figura 5.4:

IA TECNOLOGÍA	PUBLICACIONES
RN	15
AM / ML	10
DL	6
MSV	4
LSTM	4
FL	3
BP gris	2

Tabla 5.10 Publicaciones según tecnologías a estudiar
Fuente: Elaboración propia

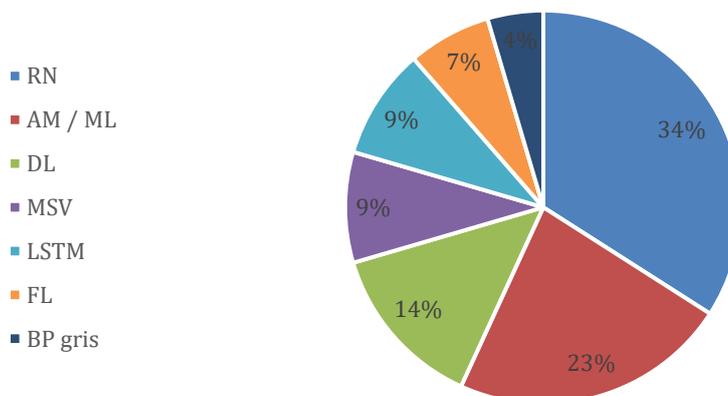


Figura 5.4 Publicaciones según tecnologías a estudiar
Fuente: Elaboración propia

RED NEURONAL (RN)

En primer lugar, y en mayor porcentaje 34%, encontramos las Redes Neuronales (RN), este número elevado se debe a que concentra varios tipos de tecnologías, recogidas en la tabla 5.11:

RED NEURONAL	
Red Neuronal Artificial (RNA)	10
Red Neuronal (RN)	3
Red neuronal recurrente (RNN)	1
Red Neuronal Profunda	1

*Tabla 5.11 Publicaciones según tecnologías de RN
Fuente: Elaboración propia*

Las redes neuronales en el contexto de la IA son herramientas poderosas que pueden ser utilizadas en la gestión de proyectos para diversas tareas. Estas redes están diseñadas para aprender patrones complejos a partir de grandes conjuntos de datos y luego aplicar ese aprendizaje para tomar decisiones o realizar predicciones.

En la gestión de proyectos, las redes neuronales pueden ayudar en la planificación y estimación de recursos, en la identificación de patrones de riesgo o de áreas de mejora en los procesos, en la optimización de la asignación de tareas y recursos, y en la predicción de posibles desviaciones en los plazos o costes del proyecto.

Al analizar grandes cantidades de datos históricos de proyectos anteriores, las redes neuronales pueden identificar relaciones y tendencias que podrían pasar desapercibidas para los métodos tradicionales. Esto permite a los directores de proyectos tomar decisiones más informadas y anticiparse a posibles problemas, lo que puede mejorar la eficiencia y el éxito general de los proyectos.

Dentro de las redes neuronales podemos encontrar varios tipos, cada tipo de red neuronal tiene sus fortalezas y se aplica de manera específica según

las necesidades y características del proyecto. Su capacidad para aprender de datos complejos y generar resultados predictivos precisos las convierte en herramientas valiosas para mejorar la eficiencia y el éxito en la gestión de proyectos.:

Red Neuronal Artificial: las RNA se utilizan para predecir resultados y tomar decisiones en base a datos históricos. En la gestión de proyectos, las RNA pueden analizar patrones en el rendimiento del proyecto, identificar posibles desviaciones en los costes o plazos, y ayudar en la asignación óptima de recursos. Son especialmente útiles en la estimación de costes y la planificación de actividades.

Red Neuronal Profunda (DNN): las DNN son una forma avanzada de RNA con múltiples capas ocultas que les permiten aprender representaciones complejas de los datos. En la gestión de proyectos, las DNN se utilizan para análisis de riesgos más sofisticados, identificación de patrones en grandes conjuntos de datos, optimización de la cadena de suministro y toma de decisiones estratégicas basadas en datos históricos y en tiempo real.

Red Neuronal Recurrente (RNN): las RNN son especialmente útiles en proyectos que involucran secuencias temporales de datos, como la programación de actividades en proyectos a largo plazo. Estas redes pueden predecir el flujo de efectivo, evaluar el progreso de las actividades a lo largo del tiempo y realizar pronósticos basados en la evolución de variables a lo largo del proyecto. También son útiles en la gestión de riesgos y la detección temprana de posibles problemas en cascada.

APRENDIZAJE AUTOMÁTICO (AM / ML)

El Aprendizaje Automático es una parte fundamental de la IA que tiene un papel crucial en la gestión de proyectos. Su capacidad para analizar grandes cantidades de datos y aprender patrones complejos permite tomar decisiones más informadas y precisas en diferentes aspectos de la gestión de proyectos.

El AM ayuda en la gestión de proyectos al permitir la predicción de posibles desviaciones en costes, plazos o recursos, lo que facilita la toma de decisiones proactivas para evitar problemas antes de que ocurran. Además, puede identificar patrones de riesgo y oportunidades de mejora en los procesos, lo que contribuye a la optimización de la planificación y ejecución de proyectos.

Otro beneficio del AM en la gestión de proyectos es su capacidad para personalizar y adaptar estrategias en función de datos específicos del proyecto y del contexto en el que se desarrolla. Esto ayuda a ajustar recursos de manera eficiente, mejorar la asignación de tareas y optimizar la productividad general del equipo de trabajo.

DEEP LEARNING (DP, APRENDIZAJE PROFUNDO)

En la gestión de proyectos, el DL juega un papel crucial al permitir el análisis de datos no estructurados y la extracción de información significativa de conjuntos de datos masivos. Esto se traduce en capacidades avanzadas de predicción, optimización y toma de decisiones para mejorar la eficiencia y el éxito en la gestión de proyectos.

Una de las principales contribuciones del DL en la gestión de proyectos es su capacidad para identificar patrones complejos y no lineales en los datos. Esto es especialmente útil al analizar grandes volúmenes de información provenientes de múltiples fuentes, lo que permite una comprensión más profunda de las relaciones entre variables y factores que influyen en el desarrollo del proyecto.

Además, el DL se aplica en la predicción y pronóstico de resultados basados en datos históricos y en tiempo real. Al utilizar redes neuronales profundas, se pueden realizar predicciones más precisas y detalladas sobre aspectos clave de los proyectos, como el rendimiento financiero, la duración de tareas específicas, la asignación óptima de recursos y la identificación de posibles riesgos.

Otra área donde el DL destaca es en el procesamiento de datos no estructurados, como imágenes, texto y voz. Esto permite aplicaciones avanzadas en la gestión de proyectos, como el análisis de imágenes para monitoreo de avances en la construcción, la extracción de información relevante de documentos y correos electrónicos para la toma de decisiones, y el procesamiento de datos de sensores para la detección temprana de problemas.

MÁQUINA DE VECTORES (MSV)

La principal ventaja de la Máquina de Vectores radica en su capacidad para realizar análisis predictivos y clasificar datos de manera efectiva, especialmente en conjuntos de datos complejos y de alta dimensionalidad. En la gestión de proyectos, las MVS encuentran aplicaciones significativas al ayudar a predecir resultados, identificar patrones y tomar decisiones informadas basadas en datos históricos y en tiempo real.

Una de las principales contribuciones de las MVS en la gestión de proyectos es su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos y extraer información relevante para la toma de decisiones estratégicas. Esto se logra mediante la identificación de relaciones y patrones ocultos en los datos, lo que permite a los directores de proyectos anticipar posibles desviaciones en costes, plazos o recursos y tomar medidas correctivas de manera proactiva.

Además, las MVS son efectivas en la clasificación y segmentación de datos, lo que facilita la identificación de grupos homogéneos dentro de un conjunto de datos. Esto se traduce en una mejor comprensión de las características y comportamientos de diferentes aspectos de un proyecto, lo que a su vez ayuda en la asignación eficiente de recursos, la gestión de riesgos y la optimización de procesos.

Otro beneficio de las MVS en la gestión de proyectos es su capacidad para trabajar con datos multidimensionales y variables complejas. Esto es especialmente útil en proyectos que involucran múltiples factores interrelacionados, como proyectos de construcción, desarrollo de software o gestión de cadena de suministro. Las MVS pueden analizar estas complejidades y proporcionar recomendaciones precisas para mejorar la eficiencia y el rendimiento del proyecto.

MEMORIA A CORTO PLAZO (LSTM)

Las redes neuronales de memoria a corto plazo (LSTM) son un tipo especializado de red neuronal recurrente (RNN) que se destaca por su capacidad para procesar y recordar secuencias de datos a lo largo del tiempo. En el contexto de la gestión de proyectos, las LSTM ofrecen beneficios significativos al ayudar en la predicción de tendencias, la identificación de patrones complejos y la toma de decisiones basadas en datos secuenciales.

Una de las ventajas clave de las LSTM en la gestión de proyectos es su capacidad para trabajar con datos temporales y secuenciales. Esto es crucial en proyectos donde la planificación, ejecución y seguimiento evolucionan en función del tiempo. Las LSTM pueden analizar históricos de datos temporales para predecir con precisión futuros plazos, costes o recursos necesarios en el proyecto.

Además, las LSTM son efectivas para capturar dependencias a largo plazo en los datos. Esto significa que la red puede reconocer patrones complejos que abarcan múltiples etapas o fases del proyecto, lo que proporciona una comprensión más profunda de las interacciones entre diferentes variables y factores a lo largo del tiempo.

Otro beneficio importante de las LSTM es su capacidad para manejar datos secuenciales de diferentes tipos, como texto, series temporales o eventos discretos. Esto permite su aplicación en una amplia gama de áreas de gestión de proyectos, como la planificación de actividades, el monitoreo del progreso del proyecto, la gestión de riesgos y la optimización de recursos.

LÓGICA DIFUSA (FL)

Para la gestión de proyectos, la FL ofrece beneficios significativos al permitir una toma de decisiones más flexible y adaptativa en situaciones donde las variables no son absolutas o están sujetas a interpretaciones subjetivas.

Una de las principales ventajas de la FL en la gestión de proyectos es su capacidad para manejar información imprecisa o incompleta. En proyectos complejos, es común encontrarse con datos ambiguos o variables cuyo valor no es claro. La FL puede modelar estas situaciones y proporcionar resultados basados en la lógica difusa, lo que permite una toma de decisiones más robusta y cercana a la realidad.

Además, la FL es efectiva en la formulación de reglas y políticas basadas en el conocimiento experto. En la gestión de proyectos, donde intervienen múltiples partes interesadas con diferentes perspectivas y experiencias, la FL puede integrar este conocimiento subjetivo en el análisis y la toma de decisiones. Esto ayuda a considerar diversos escenarios y evaluar opciones en función de criterios flexibles y adaptativos.

Otro beneficio clave de la FL es su capacidad para trabajar con datos cualitativos y cuantitativos al mismo tiempo. Esto permite integrar información detallada y compleja en los modelos de la FL, lo que mejora la precisión y la relevancia de los resultados obtenidos.

BP GRIS

El método de Pronóstico Basado en Modelos Grises (BP Gris) es una técnica que se utiliza en la gestión de proyectos para analizar y predecir tendencias en situaciones donde se dispone de datos limitados o incompletos. En este contexto, el BP Gris puede ser una herramienta útil para estimar variables clave del proyecto y tomar decisiones informadas basadas en estas predicciones.

Una de las ventajas del BP Gris es su capacidad para trabajar con conjuntos de datos que presentan cierto grado de incertidumbre o falta de información. Esto es común en proyectos donde los datos históricos pueden ser limitados o donde se están enfrentando situaciones nuevas o poco frecuentes. El BP Gris utiliza técnicas de modelado que permiten realizar predicciones confiables incluso con datos incompletos.

Además, el BP Gris es efectivo para identificar patrones y tendencias en datos que pueden tener comportamientos irregulares o fluctuaciones. Esto es importante en la gestión de proyectos para anticipar posibles desviaciones en costes, plazos o recursos, y tomar medidas preventivas para mitigar riesgos.

Otra ventaja del BP Gris es su enfoque en la simplicidad y la interpretación de resultados. Los modelos generados por el BP Gris suelen ser comprensibles y pueden ser explicados fácilmente a los interesados en el proyecto, lo que facilita la toma de decisiones colaborativa y la comunicación efectiva de las estrategias propuestas.

5.2.4. Clasificación por temas

El enfoque central de este trabajo se centra en la aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en la gestión de proyectos. Sin embargo, al revisar el marco teórico, se ha identificado la relevancia de otros conceptos estrechamente relacionados con esta temática. A continuación, ampliaremos el análisis de los temas más recurrentes.

En la tabla 5.12 se muestran los temas más recurrentes y el número de publicaciones que los comprenden:

TEMAS	PUBLICACIONES
Costes y presupuestos	23
Gestión y control	20
Riesgos	19
Plazos y tiempo	13
Datos	8
Recursos	6
PRL	5
Comunicación	1
RR.HH.	1

Tabla 5.12 Publicaciones según temas
Fuente: Elaboración propia

Se abordarán de manera específica los cuatro primeros temas debido a su alta recurrencia, mientras que los demás serán tratados de forma más general. Es importante destacar que algunos documentos pueden abordar múltiples temas simultáneamente, lo que resulta en su aparición en diversas secciones relacionadas.

COSTES Y PRESUPUESTOS

El control de costes y presupuestos en la gestión de proyectos es esencial para garantizar la eficiencia, la rentabilidad y el éxito general de cualquier iniciativa empresarial. Con la creciente adopción de tecnologías de la Inteligencia Artificial (IA) en la gestión de proyectos, se abren oportunidades significativas para mejorar la precisión, la eficiencia y la toma de decisiones relacionadas con aspectos económicos. Ofrece una mejora significativa en la precisión, la eficiencia y la capacidad de anticipación frente a riesgos financieros. Estas capacidades contribuyen directamente a la optimización de recursos, la toma de decisiones informadas y la mejora continua de la gestión financiera en proyectos.

Algunas de las ventajas del uso de la IA en la PM son:

La estimación precisa de costes: la IA puede analizar grandes volúmenes de datos históricos y actuales para identificar patrones, tendencias y variables relevantes que influyen en los costes de un proyecto. Mediante algoritmos avanzados de análisis predictivo, la IA puede generar estimaciones más precisas y realistas de los costes asociados a diversas actividades y recursos.

Optimización de presupuestos: al emplear técnicas de optimización y aprendizaje automático, la IA puede ayudar a asignar de manera óptima los recursos financieros dentro de un presupuesto establecido. Esto implica identificar oportunidades de ahorro, priorizar gastos según su impacto en los objetivos del proyecto y adaptar el presupuesto en tiempo real según las necesidades cambiantes.

Detección temprana de desviaciones: la IA puede monitorear constantemente los costes reales en comparación con el presupuesto planificado. Al detectar desviaciones significativas o tendencias preocupantes, la IA puede alertar de manera proactiva a los responsables del proyecto para que tomen medidas correctivas de manera oportuna. Esto ayuda a evitar sobrecostes y retrasos que podrían afectar negativamente al proyecto.

Análisis predictivo de riesgos financieros: la IA puede analizar datos históricos y factores externos para prever posibles riesgos financieros que podrían impactar en los costes del proyecto. Esto permite una gestión

proactiva de riesgos, identificando áreas críticas que requieren mayor atención y planificación estratégica.

Automatización de tareas repetitivas: mediante el uso de IA, se pueden automatizar tareas rutinarias relacionadas con la gestión de costes y presupuestos, como la recopilación y actualización de datos, la generación de informes financieros y el seguimiento de indicadores clave de rendimiento económico.

GESTIÓN Y CONTROL

La gestión y control en proyectos es un área crítica que abarca diversas actividades y responsabilidades para garantizar el éxito en la ejecución de proyectos. La aplicación de la IA en esta área ha transformado la forma en que se abordan los desafíos y se toman decisiones, ofreciendo herramientas y capacidades avanzadas que mejoran significativamente la eficiencia y la calidad de la gestión de proyectos. Ha aportado herramientas y capacidades avanzadas que mejoran la planificación, ejecución, seguimiento y optimización de proyectos de manera integral. Su capacidad para analizar datos complejos, predecir situaciones futuras y automatizar procesos clave contribuye directamente a la eficacia, competitividad y éxito de los proyectos en diferentes industrias y sectores.

Algunas de las ventajas que ofrece son:

Planificación y programación inteligente: la IA permite realizar una planificación más precisa y dinámica de actividades y recursos en proyectos. Mediante algoritmos de planificación avanzados, la IA puede analizar múltiples variables y restricciones para generar cronogramas óptimos, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos, las dependencias entre tareas y los plazos establecidos. Esto facilita la identificación de caminos críticos, la asignación eficiente de recursos y la optimización de la secuencia de actividades para cumplir con los objetivos del proyecto en tiempo y forma.

Monitoreo y seguimiento en tiempo real: la IA ofrece capacidades de monitoreo continuo y seguimiento en tiempo real del progreso y desempeño del proyecto. Mediante la integración de sistemas de información y la captura de datos en tiempo real, la IA puede identificar tendencias, alertar sobre desviaciones en el plan original y proporcionar indicadores clave de rendimiento (KPI) actualizados. Esto permite una toma

de decisiones más ágil y basada en datos, anticipando problemas potenciales y facilitando la implementación de acciones correctivas de manera oportuna.

Optimización de recursos y costes: la IA ayuda a optimizar la asignación y gestión de recursos en proyectos, considerando variables complejas como habilidades del personal, disponibilidad de equipos y presupuestos asignados. Los algoritmos de IA pueden analizar patrones de uso de recursos, identificar ineficiencias y proponer ajustes para maximizar la utilización de recursos y minimizar costes innecesarios.

Gestión de riesgos y predicción: la IA tiene la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos históricos y actuales para identificar patrones de riesgo y predecir posibles problemas o impactos en el proyecto. Mediante técnicas de análisis predictivo, la IA puede evaluar escenarios alternativos, simular situaciones y ayudar en la toma de decisiones para mitigar riesgos y optimizar la gestión de contingencias.

Automatización de tareas y procesos: la IA permite automatizar tareas y procesos repetitivos en la gestión de proyectos, liberando tiempo y recursos para actividades de mayor valor añadido. Desde la generación de informes hasta la gestión de comunicaciones y la coordinación de equipos, la IA puede ofrecer soluciones inteligentes que agilizan la operación y mejoran la eficiencia global del proyecto.

RIESGOS

En la gestión de proyectos, el manejo de riesgos es una actividad crítica que busca identificar, evaluar y mitigar posibles eventos adversos que puedan impactar en el éxito del proyecto. La introducción de la IA en este ámbito ha revolucionado la forma en que se abordan y gestionan los riesgos, permitiendo una identificación más precisa, evaluación continua y respuestas más efectivas ante situaciones de riesgo. Esta integración ofrece una perspectiva más precisa, predictiva y proactiva para identificar, evaluar y mitigar riesgos potenciales.

Identificación precisa de riesgos: la IA utiliza algoritmos avanzados para analizar grandes volúmenes de datos históricos, patrones de comportamiento y variables relevantes para identificar riesgos potenciales de manera más precisa. Mediante técnicas de análisis de datos, la IA puede descubrir patrones ocultos, correlaciones y tendencias que podrían pasar

desapercibidas en un análisis tradicional. Esto permite una identificación temprana de riesgos específicos y una comprensión más profunda de sus posibles impactos en el proyecto.

Análisis predictivo de riesgos: la IA no solo identifica riesgos actuales, sino que también puede prever posibles riesgos futuros mediante el análisis predictivo. Al integrar datos en tiempo real y modelos predictivos, la IA puede simular escenarios futuros, evaluar probabilidades de ocurrencia y cuantificar posibles pérdidas o impactos. Esto facilita la planificación de respuestas anticipadas y la asignación eficiente de recursos para mitigar riesgos antes de que se materialicen.

Monitoreo continuo y alertas automáticas: la IA permite un monitoreo continuo de indicadores clave de riesgo en tiempo real. Mediante sistemas automatizados de alerta, la IA puede notificar de forma proactiva a los responsables del proyecto sobre cambios significativos en el nivel de riesgo o desviaciones con respecto al plan. Esto ayuda a tomar acciones correctivas de manera oportuna y a mantener un control constante sobre la evolución de los riesgos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Optimización de estrategias de mitigación: con la IA, es posible desarrollar estrategias de mitigación de riesgos más efectivas y personalizadas. Al combinar análisis predictivos con técnicas de optimización, la IA puede recomendar las mejores acciones a tomar para reducir la probabilidad de ocurrencia de riesgos, minimizar sus impactos potenciales o transferirlos de manera eficiente. Esto permite una asignación más inteligente de recursos y una gestión proactiva de riesgos a lo largo del proyecto.

Aprendizaje continuo y mejora: la IA tiene la capacidad de aprender de experiencias pasadas y ajustar sus modelos y recomendaciones en función de nuevos datos y cambios en el entorno del proyecto. Esto facilita una mejora continua en la gestión de riesgos, donde las lecciones aprendidas se incorporan en futuros proyectos para optimizar la toma de decisiones y la gestión global de riesgos.

PLAZOS Y TIEMPO

En la gestión de proyectos, el control de los plazos y el tiempo es fundamental para garantizar la entrega oportuna de los resultados esperados. La introducción de la IA en este ámbito ha revolucionado la forma en que se abordan los desafíos relacionados con la gestión del tiempo, permitiendo una planificación más precisa, una programación más eficiente y una adaptación más ágil a los cambios en el entorno del proyecto. Esta integración ofrece una serie de ventajas, incluida una planificación más precisa, una asignación más eficiente de recursos temporales y una capacidad mejorada para adaptarse a cambios en el entorno del proyecto.

Planificación inteligente: la IA utiliza algoritmos avanzados para analizar múltiples variables y restricciones que influyen en los plazos del proyecto. Mediante el análisis de datos históricos, patrones de desempeño y factores ambientales, la IA puede generar cronogramas óptimos que tienen en cuenta la disponibilidad de recursos, las dependencias entre tareas y los objetivos del proyecto. Esto facilita una planificación más realista y precisa desde el inicio del proyecto.

Optimización de recursos temporales: la IA ayuda a optimizar la asignación y gestión de recursos temporales, como el tiempo de trabajo del personal y la utilización de equipos y maquinaria. Al utilizar algoritmos de optimización y aprendizaje automático, la IA puede identificar oportunidades para maximizar la eficiencia en el uso del tiempo, minimizar los tiempos de inactividad y evitar cuellos de botella que puedan retrasar el proyecto.

Identificación de caminos críticos: la IA puede identificar automáticamente los caminos críticos en el cronograma del proyecto, es decir, las secuencias de actividades que determinan la duración total del proyecto. Al analizar las dependencias entre tareas y los posibles escenarios, la IA puede identificar las actividades que tienen el mayor impacto en los plazos del proyecto y priorizarlas para una atención especial.

Predicción de plazos y tiempos: la IA tiene la capacidad de predecir los plazos y tiempos de finalización del proyecto mediante el análisis de datos históricos y la simulación de diferentes escenarios. Al integrar datos en tiempo real y modelos predictivos, la IA puede estimar con precisión cuándo

se completarán las diferentes etapas del proyecto y proporcionar alertas anticipadas sobre posibles retrasos o desviaciones con respecto al plan.

Adaptación y gestión de cambios: la IA permite una adaptación más ágil a los cambios en el entorno del proyecto, como cambios en los requisitos del cliente, problemas imprevistos o nuevas oportunidades. Al utilizar algoritmos de aprendizaje automático, la IA puede analizar el impacto de los cambios propuestos en los plazos del proyecto y recomendar las mejores acciones a tomar para minimizar los retrasos y maximizar la eficiencia.

OTROS

A continuación, se muestran los temas tratados en menos ocasiones, pero también relevantes para el impacto que tiene la IA en la gestión de proyectos en las diferentes áreas. Su capacidad para analizar datos, automatizar tareas, prevenir riesgos, mejorar la comunicación y optimizar la gestión de equipos contribuye directamente al éxito y eficiencia en la ejecución de proyectos en entornos cada vez más complejos y dinámicos.

DATOS

En la gestión de proyectos, los datos son fundamentales para la toma de decisiones informadas. La IA en este ámbito se encarga de procesar grandes volúmenes de datos provenientes de diversas fuentes, como registros históricos de proyectos, información de stakeholders, datos financieros, entre otros. Los algoritmos de IA pueden realizar análisis predictivos para identificar patrones, tendencias y correlaciones en los datos, lo que ayuda a anticipar posibles problemas, optimizar procesos y mejorar la precisión en la toma de decisiones. Además, la IA facilita la automatización de tareas relacionadas con la gestión de datos, como la actualización de registros, la generación de informes y el análisis de riesgos basados en datos históricos y en tiempo real.

RECURSOS

La gestión eficiente de recursos es crucial para el éxito de un proyecto. La IA se utiliza para optimizar la asignación de recursos, ya sean humanos, financieros o materiales. Mediante algoritmos de asignación óptima, la IA puede identificar las combinaciones más efectivas de recursos para maximizar la productividad y minimizar los costes. También puede ayudar

en la gestión de la disponibilidad de recursos, la programación de actividades y la identificación de cuellos de botella en el uso de recursos. La IA contribuye así a una planificación más eficiente y a una utilización inteligente de los recursos disponibles en el proyecto.

PRL

La seguridad laboral es una prioridad en cualquier proyecto. La IA se utiliza en la gestión de PRL para identificar y prevenir posibles riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores en el entorno laboral. Los sistemas de IA pueden analizar datos históricos de incidentes, condiciones de trabajo y factores de riesgo para identificar patrones y tendencias que indiquen áreas de riesgo. Además, la IA puede proporcionar recomendaciones para implementar medidas preventivas, entrenamiento específico para situaciones de riesgo y monitoreo en tiempo real de condiciones peligrosas en el lugar de trabajo mediante sensores y dispositivos conectados.

COMUNICACIÓN

La comunicación efectiva es clave para la coordinación y el éxito del equipo de proyecto. La IA mejora la comunicación interna y externa al automatizar procesos de comunicación, gestionar flujos de información y facilitar la colaboración entre equipos dispersos geográficamente. Los chatbots y sistemas de mensajería inteligente basados en IA pueden responder preguntas frecuentes, coordinar reuniones, enviar recordatorios y proporcionar actualizaciones de estado del proyecto de manera automatizada. Asimismo, la IA puede analizar patrones de comunicación para identificar áreas de mejora en la interacción del equipo y promover una comunicación más efectiva y transparente.

RRHH

La gestión de recursos humanos en proyectos implica la selección, capacitación, motivación y evaluación del desempeño del personal involucrado. La IA en este contexto se utiliza para optimizar procesos de reclutamiento y selección mediante análisis de perfiles, evaluación automatizada de competencias y detección de candidatos potenciales. Además, la IA contribuye a la capacitación y desarrollo del personal mediante sistemas de aprendizaje automático y simulaciones interactivas. También puede proporcionar análisis de rendimiento en tiempo real, identificar necesidades de capacitación específicas y facilitar la gestión de equipos multidisciplinarios.

6. CONCLUSIONES

El presente estudio del estado del arte de la inteligencia artificial aplicada a la gestión de proyectos ha mostrado una evolución significativa en cómo se gestionan y optimizan los diferentes aspectos de la disciplina de la gestión de proyectos, a partir de los documentos extraídos de las diferentes búsquedas realizadas.

Las conclusiones a las que se han llegado a raíz de este estudio son las siguientes:

Se han analizado los documentos obtenidos a lo largo del tiempo, observándose un aumento constante en la cantidad de publicaciones, destacando un incremento significativo en los últimos años. Este aumento indica un interés creciente y una mayor relevancia de la IA en la gestión de proyectos. Este patrón de crecimiento indica una tendencia hacia un mayor reconocimiento de la IA como herramienta esencial en la gestión de proyectos.

Este hecho también se ha visto reflejado en los diferentes enfoques que han tenido los documentos, siendo en mayor medida la aplicación práctica de la IA, reflejando así su juventud y desarrollo activo del campo, mostrando que muchos investigadores y profesionales están explorando cómo integrar estas tecnologías en sus prácticas diarias.

Dentro de la IA se ha visto la existencia de una gran variedad de tecnologías, las más recurrentes incluyen a redes neuronales, aprendizaje automático, deep learning, máquina de vectores de soporte, LSTM, lógica difusa y pronóstico basado en modelos grises. Estas tecnologías ofrecen diversas capacidades como el análisis predictivo, la optimización de recursos o la gestión de riesgos y la automatización de tareas, entre muchas otras.

La inteligencia artificial mejora significativamente la gestión de proyectos en cuatro áreas principales. Primero, en costes y presupuestos, permitiendo estimaciones más precisas y optimización de recursos, detectando desviaciones tempranas y automatizando tareas repetitivas. En gestión y control, transforma la planificación y el monitoreo en tiempo real, optimizando el uso de recursos y mejorando la eficiencia mediante la automatización de procesos. En la gestión de riesgos, la IA identifica y evalúa riesgos con mayor precisión, anticipando problemas futuros y

facilitando una gestión proactiva que se adapta y mejora continuamente. Por último, en plazos y tiempo, la IA optimiza la planificación temporal y la gestión del cronograma del proyecto, identificando los caminos críticos y minimizando retrasos mediante análisis detallados y recomendaciones adecuadas. En conjunto, estas mejoras permiten una gestión de proyectos más eficiente, precisa y adaptable.

La IA también favorece varios aspectos cruciales en la gestión de proyectos. En el análisis de datos, identifica patrones y mejora la toma de decisiones. Optimiza la asignación de recursos humanos, financieros y materiales. Identifica y previene riesgos laborales, mejorando la seguridad. Facilita la comunicación interna y externa a través de la automatización y el análisis de patrones. En recursos humanos, optimiza el reclutamiento, la capacitación y la evaluación del personal.

7. TENDENCIAS FUTURAS

La integración de la IA en la gestión de proyectos está en una fase de crecimiento y desarrollo continuo. Las tendencias futuras en esta área prometen avances significativos que podrían transformar aún más este campo.

En primer lugar, podría darse una mayor integración de IA y BIM, ya que la combinación de Building Information Modeling (BIM) con IA promete transformar la planificación y ejecución de proyectos, especialmente en la construcción. Esto permitirá una visualización más precisa y la simulación de escenarios en tiempo real, facilitando una toma de decisiones más informada y eficiente.

Por otra parte, la demanda de IA explicativa aumentará, permitiendo a los directores de proyectos entender y confiar más en las decisiones automatizadas. Esto implica desarrollos de algoritmos que puedan explicar sus decisiones de manera comprensible para los humanos, lo que es crucial para la adopción y aceptación generalizada de la IA.

La aplicación de IA en la gestión de proyectos sostenibles se expandirá, optimizando el uso de recursos y reduciendo el impacto ambiental. La IA ayudará a desarrollar estrategias más efectivas para la gestión de recursos renovables y la eficiencia energética, contribuyendo a la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

En el caso de la automatización de tareas repetitivas seguirá evolucionando, liberando tiempo para actividades de mayor valor añadido. Esto incluirá la integración de chatbots y asistentes virtuales más sofisticados que mejorarán la comunicación y la coordinación del equipo, así como la gestión de tareas y la toma de decisiones.

Por último, un punto muy importante será el desarrollo de normativas y buenas prácticas, ya que a medida que la adopción de IA se expanda, será indispensable desarrollar normativas y buenas prácticas para su implementación. Esto garantizará que la IA se utilice de manera ética y efectiva, minimizando riesgos y maximizando beneficios. La creación de estándares y guías para la implementación de IA en la gestión de proyectos será esencial para asegurar la calidad y la seguridad.

REFERENCIAS

- Abadal, E. (2004). Gestión de proyectos en información y documentación. Ediciones Trea, SL.
- Abdirad, H., & Mathur, P. (2021). Artificial intelligence for BIM content management and delivery: Case study of association rule mining for construction detailing. *Advanced Engineering Informatics*, 50, 101414.
- Ajayi, A., Oyedele, L., Owolabi, H., Akinade, O., Bilal, M., Davila Delgado, J. M., & Akanbi, L. (2020). Deep learning models for health and safety risk prediction in power infrastructure projects. *Risk Analysis*, 40(10), 2019-2039.
- AlHares, E. F. T., & Budayan, C. (2019). Estimation at completion simulation using the potential of soft computing models: Case study of construction engineering projects. *Symmetry*, 11(2), 190.
- Ali, Z. H., Burhan, A. M., Kassim, M., & Al-Khafaji, Z. (2022). Developing an integrative data intelligence model for construction cost estimation. *Complexity*, 2022(1), 4285328.
- AlRushood, M. A., Rahbar, F., Selim, S. Z., & Dweiri, F. (2023). Accelerating Use of Drones and Robotics in Post-Pandemic Project Supply Chain. *Drones*, 7(5), 313.
- Al-subhi, S. H., Papageorgiou, E. I., Pérez, P. P., Mahdi, G. S. S., & Acuña, L. A. (2021). Triangular neutrosophic cognitive map for multistage sequential decision-making problems. *International Journal of Fuzzy Systems*, 23, 657-679.
- Amendola, L. (2009). Dirección y Gestión de Proyectos. Desarrolla tus competencias en Project Management. L. Amendola.
- Arana-Landín, G., Laskurain-Iturbe, I., Iturrate, M., & Landeta-Manzano, B. (2023). Assessing the influence of industry 4.0 technologies on occupational health and safety. *Heliyon*, 9(3).
- Ayhan, B. U., & Tokdemir, O. B. (2019). Predicting the outcome of construction incidents. *Safety science*, 113, 91-104.

- Ayhan, M., Dikmen, I., & Talat Birgonul, M. (2021). Predicting the occurrence of construction disputes using machine learning techniques. *Journal of construction engineering and management*, 147(4), 04021022.
- Bakhshi, R., Moradinia, S. F., Jani, R., & Poor, R. V. (2022). Presenting a Hybrid Scheme of Machine Learning Combined with Metaheuristic Optimizers for Predicting Final Cost and Time of Project. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 26(8), 3188-3203.
- Bang, S., Aarvold, M., Hartvig, W., Olsson, N., & Rauzy, A. (2022). Application of machine learning to limited datasets: prediction of project success.
- Batarseh, F. A., & Gonzalez, A. J. (2018). Predicting failures in agile software development through data analytics. *Software Quality Journal*, 26, 49-66.
- Boughaba, A., & Bouabaz, M. (2020). Identification and risk management related to construction projects. *Advances in Computational Design*, 5(4), 445-465.
- Buah, E., Linnanen, L., Wu, H., & Kesse, M. A. (2020). Can artificial intelligence assist project developers in long-term management of energy projects? The case of CO2 capture and storage. *Energies*, 13(23), 6259.
- Bustamante Freire, F. S. (2023). *Unidades Recurrentes Cerradas (GRU) vs Redes Neuronales Artificiales en la predicción de la generación Eléctrica de la Central Hidroeléctrica Illuchi* (Master's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi,(UTC)).
- CALP, M., & AKCAYOL, M. (2020). Design and implementation of web based risk management system based on artificial neural networks for software projects: webriskit. *PAMUKKALE UNIVERSITY JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES-PAMUKKALE UNIVERSITESI MUHENDISLIK BILIMLERI DERGISI*, 26(5).
- Calvetti, D., Magalhães, P. N. M., Sujana, S. F., Gonçalves, M. C., & Campos de Sousa, H. J. (2020). Challenges of upgrading craft workforce into Construction 4.0: Framework and agreements. *Proceedings of the*

Institution of Civil Engineers-Management, Procurement and Law, 173(4), 158-165.

- Casas Roma, J., Lozano Bagén, T., & Bosch Rué, A. (2019). Deep learning: principios y fundamentos.
- Cao, M. T., Cheng, M. Y., & Wu, Y. W. (2015). Hybrid computational model for forecasting Taiwan construction cost index. *Journal of Construction Engineering and Management, 141(4), 04014089.*
- Cao, Y., & Ashuri, B. (2020). Predicting the volatility of highway construction cost index using long short-term memory. *Journal of Management in Engineering, 36(4), 04020020.*
- Cheng, M. Y., Cao, M. T., & Herianto, J. G. (2020). Symbiotic organisms search-optimized deep learning technique for mapping construction cash flow considering complexity of project. *Chaos, Solitons & Fractals, 138, 109869.*
- Cheng, M. Y., Chang, Y. H., & Korir, D. (2019). Novel approach to estimating schedule to completion in construction projects using sequence and nonsequence learning. *Journal of Construction Engineering and Management, 145(11), 04019072.*
- Cheng, M. Y., Hoang, N. D., & Wu, Y. W. (2015). Cash flow prediction for construction project using a novel adaptive time-dependent least squares support vector machine inference model. *Journal of Civil Engineering and Management, 21(6), 679-688.*
- Choi, S. J., Choi, S. W., Kim, J. H., & Lee, E. B. (2021). AI and text-mining applications for analyzing contractor's risk in invitation to bid (ITB) and contracts for engineering procurement and construction (EPC) projects. *Energies, 14(15), 4632.*
- Choi, S. W., Lee, E. B., & Kim, J. H. (2021). The engineering machine-learning automation platform (emap): A big-data-driven ai tool for contractors' sustainable management solutions for plant projects. *Sustainability, 13(18), 10384.*
- Chou, J. S., Kosasih, J. D., & Chong, W. K. (2022). Cloud evolutionary computation system for advanced engineering analytics. *Engineering with Computers, 38(4), 3295-3319.*

- Chou, J. S., Lin, C. W., Pham, A. D., & Shao, J. Y. (2015). Optimized artificial intelligence models for predicting project award price. *Automation in construction, 54*, 106-115.
- Cilimkovic, M. (2015). Neural networks and back propagation algorithm. *Institute of Technology Blanchardstown, Blanchardstown Road North Dublin, 15*(1).
- Colomo-Palacios, R., González-Carrasco, I., López-Cuadrado, J. L., Trigo, A., & Varajao, J. E. (2014). I-Competere: Using applied intelligence in search of competency gaps in software project managers. *Information Systems Frontiers, 16*, 607-625.
- Cubric, M. (2020). Drivers, barriers and social considerations for AI adoption in business and management: A tertiary study. *Technology in Society, 62*, 101257.
- Dawood, H., Siddle, J., & Dawood, N. (2019). Integrating IFC and NLP for automating change request validations. *Journal of Information Technology in Construction, 24*, 540-552.
- de Lucio Fernández, J. J. (2021). Estimación adelantada del crecimiento regional mediante redes neuronales LSTM. *Investigaciones Regionales= Journal of Regional Research, (49)*, 45-64.
- de Oliveira, M. A., Dalla Valentina, L. V., Futami, A. H., Possamai, O., & Flesch, C. A. (2021). Project performance prediction model linking agility and flexibility demands to project type. *Expert Systems, 38*(4), e12675.
- Díaz-Ramírez, J. (2021). Aprendizaje automático y aprendizaje profundo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 29*(2), 180-181.
- Dobrucali, E., Demirkesen, S., Sadikoglu, E., Zhang, C., & Damci, A. (2024). Investigating the impact of emerging technologies on construction safety performance. *Engineering, Construction and Architectural Management, 31*(3), 1322-1347.
- Drudis, A. (2002). Gestión de proyectos.
- Du, X. (2021). Construction cost simulation based on artificial intelligence and BIM. *Scientific Programming, 2021*(1), 9744286.

- Eber, W. (2020). Potentials of artificial intelligence in construction management. *Organization, technology & management in construction: an international journal*, 12(1), 2053-2063.
- Erfani, A., & Cui, Q. (2022). Predictive risk modeling for major transportation projects using historical data. *Automation in Construction*, 139, 104301.
- Fasanghari, M., Iranmanesh, S. H., & Amalnick, M. S. (2015). Predicting the Success of Projects Using Evolutionary Hybrid Fuzzy Neural Network Method in Early Stages. *Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing*, 25.
- Flores, R. N. (2020). *Contribuciones a la Seguridad Del Aprendizaje Automático:(Contributions to the Security of Machine Learning)* (Doctoral dissertation).
- Guerrero Moreno, G. A. (2013). *Metodología para la gestión de proyectos bajo los lineamientos del Project Management Institute en una empresa del sector eléctrico* (Doctoral dissertation).
- Mesa Fernández, J. M., González Moreno, J. J., Vergara-González, E. P., & Alonso Iglesias, G. (2022). Bibliometric analysis of the application of artificial intelligence techniques to the management of innovation projects. *Applied Sciences*, 12(22), 11743.
- Moscovitz, L. J., & Rengifo, P. R. (2010). Al interior de una máquina de soporte vectorial. *Revista de Ciencias*, 14, 73-86.
- Fridgeirsson, T. V., Ingason, H. T., Jonasson, H. I., & Jonsdottir, H. (2021). An authoritative study on the near future effect of artificial intelligence on project management knowledge areas. *Sustainability*, 13(4), 2345.
- Hajiali, M., Mosavi, M. R., & Shahanaghi, K. (2020). A NEW DECISION SUPPORT SYSTEM AT ESTIMATION OF PROJECT COMPLETION TIME CONSIDERING THE COMBINATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS BASED ON EARN VALUE MANAGEMENT FRAMEWORK. *International Journal of Industrial Engineering*, 27(1).

- Holzmann, V., Zitter, D., & Peshkess, S. (2022). The expectations of project managers from artificial intelligence: A Delphi study. *Project Management Journal*, 53(5), 438-455.
- Igwe, U. S., Mohamed, S. F., Azwarie, M. B. M. D., Ugulu, R. A., & Ajayi, O. (2022). Acceptance of contemporary technologies for cost management of construction projects. *Journal of Information Technology in Construction*, 27.
- Issaoui, Y., Khiat, A., Bahnasse, A., & Ouajji, H. (2021). An advanced LSTM model for optimal scheduling in smart logistic environment: E-commerce case. *IEEE Access*, 9, 126337-126356.
- Julong, D. (1982). Grey control system. *Journal of Huazhong University of Science and Technology*, 3(9), 18.
- Juszczuk, M., & Leśniak, A. (2019). Modelling construction site cost index based on neural network ensembles. *Symmetry*, 11(3), 411.
- Juszczuk, M., Zima, K., & Lelek, W. (2019). Forecasting of sports fields construction costs aided by ensembles of neural networks. *Journal of Civil Engineering and Management*, 25(7), 715-729.
- Karakas, K., Dikmen, I., & Birgonul, M. T. (2013). Multiagent system to simulate risk-allocation and cost-sharing processes in construction projects. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 27(3), 307-319.
- Koc, K., Ekmekcioğlu, Ö., & Gurgun, A. P. (2022). Accident prediction in construction using hybrid wavelet-machine learning. *Automation in Construction*, 133, 103987.
- Kochovski, P., & Stankovski, V. (2021). Building applications for smart and safe construction with the DECENTER Fog Computing and Brokerage Platform. *Automation in construction*, 124, 103562.
- Kulejewski, J., & Rosłon, J. (2023). Optimization of ecological and economic aspects of the construction schedule with the use of metaheuristic algorithms and artificial intelligence. *Sustainability*, 15(1), 890.
- Kulikov, P., Anin, O., Vahonova, O., Niema, O., Akimov, O., & Akimova, L. (2022). Scientific and Applied Tools for Project Management in a Turbulent Economy with the Use of Digital Technologies. *IJCSNS*.

International Journal of Computer Science and Network Security, 22(9), 601-606.

Kumar, V., Pandey, A., & Singh, R. (2021). Can artificial intelligence be a critical success factor of construction projects? Practitioner perspectives. *Technology Innovation Management Review*, 11(11-12).

La Torre, D., Colapinto, C., Durosini, I., & Triberti, S. (2021). Team formation for human-artificial intelligence collaboration in the workplace: a goal programming model to foster organizational change. *IEEE Transactions on Engineering management*, 70(5), 1966-1976.

Li, J., Cheng, J. H., Shi, J. Y., & Huang, F. (2012). Brief introduction of back propagation (BP) neural network algorithm and its improvement. In *Advances in Computer Science and Information Engineering: Volume 2* (pp. 553-558). Springer Berlin Heidelberg.

Li, Y. (2022). Construction project claim management under the background of wireless communication and artificial intelligence. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022(1), 6074104.

Li, Z., & Mo, T. (2020). Early warning of engineering project knowledge management risk based on artificial intelligence. *Knowledge Management Research & Practice*, 1-11.

Lishner, I., & Shtub, A. (2022). Using an artificial neural network for improving the prediction of project duration. *Mathematics*, 10(22), 4189.

Liu, S., & Hao, W. (2021). Forecasting the scheduling issues in engineering project management: Applications of deep learning models. *Future Generation Computer Systems*, 123, 85-93.

López, R. F., & Fernández, J. M. F. (2008). *Las redes neuronales artificiales*. Netbiblo.

Lung, L. W., & Wang, Y. R. (2023). Applying deep learning and single shot detection in construction site image recognition. *Buildings*, 13(4), 1074.

- Mohamed, B., & Moselhi, O. (2022). Conceptual estimation of construction duration and cost of public highway projects. *J. Inf. Technol. Constr.*, 27(29), 595-618.
- Moradi, S., Mohammadi, S. D., Aghajani Bazzazi, A., Aali Anvari, A., & Osmanpour, A. (2022). Financial risk management prediction of mining and industrial projects using combination of artificial intelligence and simulation methods. *Journal of Mining and Environment*, 13(4), 1211-1223.
- Niederman, F. (2021). Project management: openings for disruption from AI and advanced analytics. *Information Technology & People*, 34(6), 1570-1599.
- Obianyo, J. I., Udeala, R. C., & Alaneme, G. U. (2023). Application of neural networks and neuro-fuzzy models in construction scheduling. *Scientific Reports*, 13(1), 8199.
- Ocaña, J. A. (2013). *Gestión de Proyectos con mapas mentales II*. Editorial Club Universitario.
- Okudan, O., Budayan, C., & Dikmen, I. (2021). A knowledge-based risk management tool for construction projects using case-based reasoning. *Expert Systems with Applications*, 173, 114776.
- Oliveira, B. A. S., Neto, A. P. D. F., Fernandino, R. M. A., Carvalho, R. F., Fernandes, A. L., & Guimaraes, F. G. (2021). Automated monitoring of construction sites of electric power substations using deep learning. *IEEE Access*, 9, 19195-19207.
- Pajares, J., & López, A. (2008). Limitaciones y mejoras de la metodología del valor ganado en la gestión integrada del plazo y coste de proyectos.
- Pastor, R. A. T. (2009). Modelo conceptual para la gestión de proyectos. *Perspectivas*, (24), 165-188.
- Pasquinelli, M., Cafassi, E., Monti, C., Peckaitis, H., & Zarauza, G. (2022). Cómo una máquina aprende y falla—Una gramática del error para la Inteligencia Artificial. *Hipertextos*, 10(17), 13-29.
- Pérez Martín, I. (2022). Gestión de proyectos en la Industria 4.0.

- Pessoa, A., Sousa, G., Furtado Maués, L. M., Campos Alvarenga, F., & Santos, D. D. G. (2021). Cost forecasting of public construction projects using multilayer perceptron artificial neural networks: a case study. *Ingeniería e Investigación*, 41(3).
- Psarras, A., Anagnostopoulos, T., Salmon, I., Psaromiligkos, Y., & Vryzidis, L. (2022). A change management approach with the support of the balanced scorecard and the utilization of artificial neural networks. *Administrative Sciences*, 12(2), 63.
- Ponce Gallegos, J. C., Torres Soto, A., Quezada Aguilera, F. S., Silva Sprock, A., Martínez Flor, E. U., Casali, A., ... & Pedreño, O. (2014). *Inteligencia artificial*. Iniciativa Latinoamericana de Libros de Texto Abiertos (LATIn).
- Qi, C., Fourie, A., Ma, G., & Tang, X. (2018). A hybrid method for improved stability prediction in construction projects: A case study of stope hangingwall stability. *Applied Soft Computing*, 71, 649-658.
- Quirumbay Yagual, D. I., Castillo Yagual, C. A., & Coronel Suárez, I. A. (2022). Una revisión del aprendizaje profundo aplicado a la ciberseguridad. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 9(1), 57-65.
- Ramírez Veliz, J. F. (2019). Estado del arte del aprendizaje automático relacionado con la lógica difusa.
- Reyes, J. N. E. (2015). Análisis de la gestión de proyectos a nivel mundial. *Palermo Business Review*, (12), 61.
- Rodríguez, F., & Fernández, G. (2010). Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 25(2), 147-160.
- Rodríguez, A., Tarragó, J. C. P., Zúñiga, K. M., & Loor, L. V. V. (2021). Evaluación formativa de los procesos cognitivos con paradigma constructivista mediante Mapa Cognitivo Difuso. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 14(8), 130-142.
- Rojas, J., Suazo, N., Monago, J., & Fernandez, A. (2023). Artificial intelligence for the management of water projects and the

management of water resources: A bibliographical analysis. *Journal of Project Management*, 8(3), 191-198.

Rossini, F. L. (2019). Integration between BIM and Agent-based simulation for the 4.0 detailed design. *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, 282-287.

Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial. *Madrid: Alienta Editorial*, 20-21.

Sánchez, C. E. A. (2006). *Manual para la integración de sistemas de gestión: calidad, medio ambiente y prevención de riesgos laborales*. FC Editorial.

Shang, G., Low, S. P., & Lim, X. Y. V. (2023). Prospects, drivers of and barriers to artificial intelligence adoption in project management. *Built Environment Project and Asset Management*, 13(5), 629-645.

Shek Munz, I. M. (2013). El enfoque de gestión de proyectos en las organizaciones dedicadas a proyectos de investigación. Caso: Grupo de Investigación GIRH.

Singh, A., Dwivedi, A., Agrawal, D., & Singh, D. (2023). Identifying issues in adoption of AI practices in construction supply chains: towards managing sustainability. *Operations Management Research*, 16(4), 1667-1683.

Siña Meléndez, E. P. (2018). Sistema de Gestión de Proyectos de Infraestructura para Mejorar la Administración de la Ingeniería y Construcción en Pequeñas y Medianas Empresas de Construcción de la Región Tacna.

Smarandache, F., & Leyva-Vázquez, M. (2018). *Fundamentos de la lógica y los conjuntos neutrosóficos y su papel en la inteligencia artificial*. Infinite Study.

Son, P. V. H., & Khoi, L. N. Q. (2023). Application of slime mold algorithm to optimize time, cost and quality in construction projects. *International Journal of Construction Management*, 1-12.

Son, P. V. H., & Khoi, L. N. Q. (2023). Time–cost–quality–CO2 emissions optimization in construction management using slime mold algorithm

- opposition tournament mutation. *Soft Computing*, 27(17), 12071-12098.
- Tao, F., Pi, Y., Deng, M., Tang, Y., & Yuan, C. (2023). Research on Intelligent Grading Evaluation of Water Conservancy Project Safety Risks Based on Deep Learning. *Water*, 15(8), 1607.
- Tian, S., Zhao, H., Xu, X., Mu, R., & Ma, Q. (2022). Knowledge chain integration of design structure matrix-based project team: An integration model. *Systems Research and Behavioral Science*, 39(3), 462-473.
- Turner, C. J., Oyekan, J., Stergioulas, L., & Griffin, D. (2020). Utilizing industry 4.0 on the construction site: Challenges and opportunities. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(2), 746-756.
- Uddin, S., Ong, S., & Lu, H. (2022). Machine learning in project analytics: a data-driven framework and case study. *Scientific Reports*, 12(1), 15252.
- Wachnik, B. (2022). Analysis of the use of artificial intelligence in the management of Industry 4.0 projects. The perspective of Polish industry. *Production Engineering Archives*, 28(1), 56-63.
- Wallace, W. (2014). Gestión de proyectos. *Edinburgh Business School*. Recuperado de <https://www.ebsglobal.net/documents/course-tasters/spanish/pdf/pr-bk-taster.pdf>.
- Wang, B., Yuan, J., & Ghafoor, K. Z. (2021). Research on construction cost estimation based on artificial intelligence technology. *Scalable Computing: Practice and Experience*, 22(2), 93-104.
- Wang, H., & Hu, Y. (2022). [Retracted] Artificial Intelligence Technology Based on Deep Learning in Building Construction Management System Modeling. *Advances in Multimedia*, 2022(1), 5602842.
- Wang, Y. (2023). IoT-assisted machine learning model for engineering project warehouse management. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 23(2), 663-673.
- Wauters, M., & Vanhoucke, M. (2016). A comparative study of Artificial Intelligence methods for project duration forecasting. *Expert systems with applications*, 46, 249-261.

- Wauters, M., & Vanhoucke, M. (2014). Support vector machine regression for project control forecasting. *Automation in Construction*, 47, 92-106.
- Wijayasekera, S. C., Hussain, S. A., Paudel, A., Paudel, B., Steen, J., Sadiq, R., & Hewage, K. (2022). Data analytics and artificial intelligence in the complex environment of megaprojects: Implications for practitioners and project organizing theory. *Project Management Journal*, 53(5), 485-500.
- Wu, C., Li, X., Jiang, R., Guo, Y., Wang, J., & Yang, Z. (2023). Graph-based deep learning model for knowledge base completion in constraint management of construction projects. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 38(6), 702-719.
- Xu, F., & Lin, S. P. (2016). Theoretical framework of Fuzzy-AI model in quantitative project management. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 30(1), 509-521.
- Yaseen, Z. M., Ali, Z. H., Salih, S. Q., & Al-Ansari, N. (2020). Prediction of risk delay in construction projects using a hybrid artificial intelligence model. *Sustainability*, 12(4), 1514.
- Yu, L. (2023). Project engineering management evaluation based on GABP neural network and artificial intelligence. *Soft Computing*, 27(10), 6877-6889.
- Zadeh, L. A. (1996). Nacimiento y evolución de la lógica borrosa, el soft computing y la computación con palabras: un punto de vista personal. *Psicothema*, 421-429.
- Zhou, Z., & Zou, Y. (2021). Research on grey situation decision in the context of system analysis of village planning projects using fuzzy TOPSIS. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 40(4), 8185-8195.
- Zhu, H., Hwang, B. G., Ngo, J., & Tan, J. P. S. (2022). Applications of smart technologies in construction project management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(4), 04022010.
- Zhu, L., & Huang, L. (2022). A Resource scheduling method for enterprise management based on artificial intelligence deep learning. *Mobile Information Systems*, 2022(1), 4277149.

ANEXO

DOCUMENTACIÓN SELECCIONADA Y CLASIFICADA PARA EL ESTUDIO

Nº	Título	Autores	Año	Enlace
1	Artificial intelligence for BIM content management and delivery: Case study of association rule mining for construction detailing	Abdirad, H; Mathur, P	2021	http://dx.doi.org/10.1016/j.iaei.2021.101414
2	Deep Learning Models for Health and Safety Risk Prediction in Power Infrastructure Projects	Ajayi, A; Oyedele, L; Owolabi, H; Akinade, O; Bilal, M; Delgado, JMD; Akanbi, L	2020	http://dx.doi.org/10.1111/risa.13425
3	Estimation at Completion Simulation Using the Potential of Soft Computing Models: Case Study of Construction Engineering Projects	AlHares, EFT; Budayan, C	2019	http://dx.doi.org/10.3390/sym11020190
4	Developing an Integrative Data Intelligence Model for Construction Cost Estimation	Ali, ZH; Burhan, AM; Kassim, M; Al-Khafaji, Z	2022	http://dx.doi.org/10.1155/2022/4285328
5	Accelerating Use of Drones and Robotics in Post-Pandemic Project Supply Chain	AlRushood, MA; Rahbar, F; Selim, SZ; Dweiri, F	2023	http://dx.doi.org/10.3390/drones7050313
6	Triangular Neutrosophic Cognitive Map for Multistage Sequential Decision-Making Problems	Al-subhi, SH; Papageorgiou, EI; Perez, PP; Mahdi, GSS; Acuna, LA	2021	http://dx.doi.org/10.1007/s40815-020-01014-5
7	Assessing the influence of industry 4.0 technologies on occupational health and safety	Arana-Landin, G; Laskurain-Iturbe, I; Iturrate, M; Landeta-Manzano, B	2023	http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13720
8	Predicting the outcome of construction incidents	Ayhan, BU; Tokdemir, OB	2019	http://dx.doi.org/10.1016/j.jssci.2018.11.001
9	Predicting the Occurrence of Construction Disputes Using Machine Learning Techniques	Ayhan, M; Dikmen, I; Birgonul, MT	2021	http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002027
10	Presenting a Hybrid Scheme of Machine Learning Combined with Metaheuristic Optimizers for Predicting Final Cost and Time of Project	Bakhshi, R; Moradinia, SF; Jani, R; Poor, RV	2022	http://dx.doi.org/10.1007/s12205-022-1424-3

- | | | | | |
|----|--|---|------|---|
| 11 | APPLICATION OF MACHINE LEARNING TO LIMITED DATASETS: PREDICTION OF PROJECT SUCCESS | Bang, S; Aarvold, MO; Hartvig, WJ; Olsson, NOE; Rauzy, A | 2022 | http://dx.doi.org/10.36680/jitcon.2022.036 |
| 12 | Predicting failures in agile software development through data analytics | Batarseh, FA; Gonzalez, AJ | 2018 | http://dx.doi.org/10.1007/s11219-015-9285-3 |
| 13 | Identification and risk management related to construction projects | Boughaba, A; Bouabaz, M | 2020 | http://dx.doi.org/10.12989/acd.2020.5.4.445 |
| 14 | Can Artificial Intelligence Assist Project Developers in Long-Term Management of Energy Projects? The Case of CO2 Capture and Storage | Buah, E; Linnanen, L; Wu, HP; Kesse, MA | 2020 | http://dx.doi.org/10.3390/en13236259 |
| 15 | Design and implementation of web based risk management system based on artificial neural networks for software projects: WEBRISKIT | Calp, MH; Akcayol, MA | 2020 | http://dx.doi.org/10.5505/pajes.2019.29964 |
| 16 | Challenges of upgrading craft workforce into Construction 4.0: framework and agreements | Calvetti, D; Magalhaes, PNM; Sujana, SF; Goncalves, MC; de Sousa, HJC | 2020 | http://dx.doi.org/10.1680/jmapl.20.00004 |
| 17 | Hybrid Computational Model for Forecasting Taiwan Construction Cost Index | Cao, MT; Cheng, MY; Wu, YW | 2015 | http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000948 |
| 18 | Predicting the Volatility of Highway Construction Cost Index Using Long Short-Term Memory | Cao, Y; Ashuri, B | 2020 | http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000784 |
| 19 | Symbiotic organisms search-optimized deep learning technique for mapping construction cash flow considering complexity of project | Cheng, MY; Cao, MT; Herianto, JG | 2020 | http://dx.doi.org/10.1016/j.chaos.2020.109869 |
| 20 | Novel Approach to Estimating Schedule to Completion in Construction Projects Using Sequence and Nonsequence Learning | Cheng, MY; Chang, YH; Korir, D | 2019 | http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001697 |
| 21 | Cash flow prediction for construction project using a novel adaptive time-dependent least squares support vector machine inference model | Cheng, MY; Hoang, ND; Wu, YW | 2015 | http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2014.893906 |

22	AI and Text-Mining Applications for Analyzing Contractor's Risk in Invitation to Bid (ITB) and Contracts for Engineering Procurement and Construction (EPC) Projects	Choi, SJ; Choi, SW; Kim, JH; Lee, EB	2021	http://dx.doi.org/10.3390/en14154632
23	The Engineering Machine-Learning Automation Platform (EMAP): A Big-Data-Driven AI Tool for Contractors' Sustainable Management Solutions for Plant Projects	Choi, SW; Lee, EB; Kim, JH	2021	http://dx.doi.org/10.3390/su131810384
24	Cloud evolutionary computation system for advanced engineering analytics	Chou, JS; Kosasih, JD; Chong, WK	2022	http://dx.doi.org/10.1007/s00366-020-01249-8
25	Optimized artificial intelligence models for predicting project award price	Chou, JS; Lin, CW; Pham, AD; Shao, JY	2015	http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.006
26	I-Competere: Using applied intelligence in search of competency gaps in software project managers	Colomo-Palacios, R; Gonzalez-Carrasco, I; Lopez-Cuadrado, JL; Trigo, A; Varajao, JE	2014	http://dx.doi.org/10.1007/s10796-012-9369-6
27	Drivers, barriers and social considerations for AI adoption in business and management: A tertiary study	Cubric, M	2020	http://dx.doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101257
28	INTEGRATING IFC AND NLP FOR AUTOMATING CHANGE REQUEST VALIDATIONS	Dawood, H; Siddle, J; Dawood, N	2019	http://dx.doi.org/10.36680/jitcon.2019.030
29	Project performance prediction model linking agility and flexibility demands to project type	de Oliveira, MA; Dalla Valentina, LVO; Futami, AH; Possamai, O; Flesch, CA	2021	http://dx.doi.org/10.1111/exsy.12675
30	Investigating the impact of emerging technologies on construction safety performance	Dobrucali, E; Demirkesen, S; Sadikoglu, E; Zhang, CY; Damci, A	2022	http://dx.doi.org/10.1108/ECAM-07-2022-0668
31	Construction Cost Simulation Based on Artificial Intelligence and BIM	Du, XL	2021	http://dx.doi.org/10.1155/2021/9744286
32	Potentials of artificial intelligence in construction management	Eber, W	2020	http://dx.doi.org/10.2478/otmcj-2020-0002
33	Predictive risk modeling for major transportation projects using historical data	Erfani, A; Cui, QB	2022	http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104301

- | | | | |
|----|--|--|--|
| 34 | Predicting the Success of Projects Using Evolutionary Hybrid Fuzzy Neural Network Method in Early Stages | Fasanghari, M;
Iranmanesh, SH;
Amalnick, MS | 2015 |
| 35 | Bibliometric Analysis of the Application of Artificial Intelligence Techniques to the Management of Innovation Projects | Fernandez, JMM;
Moreno, JJG; Vergara-Gonzalez, EP; Iglesias, GA | 2022 http://dx.doi.org/10.3390/app122211743 |
| 36 | An Authoritative Study on the Near Future Effect of Artificial Intelligence on Project Management Knowledge Areas | Fridgeirsson, TV;
Ingason, HT; Jonasson, HI; Jonsdottir, H | 2021 http://dx.doi.org/10.3390/su13042345 |
| 37 | A NEW DECISION SUPPORT SYSTEM AT ESTIMATION OF PROJECT COMPLETION TIME CONSIDERING THE COMBINATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS BASED ON EARN VALUE MANAGEMENT FRAMEWORK | Hajiali, M; Mosavi, MR;
Shahanaghi, K | 2020 |
| 38 | The Expectations of Project Managers from Artificial Intelligence: A Delphi Study | Holzmann, V; Zitter, D;
Peshkess, S | 2022 http://dx.doi.org/10.1177/87569728211061779 |
| 39 | ACCEPTANCE OF CONTEMPORARY TECHNOLOGIES FOR COST MANAGEMENT OF CONSTRUCTION PROJECTS | Igwe, US; Mohamed, SF;
Azwarie, MBD; Ugulu, RA; Ajayi, O | 2022 http://dx.doi.org/10.36680/j.itcon.2022.042 |
| 40 | An Advanced LSTM Model for Optimal Scheduling in Smart Logistic Environment: E-Commerce Case | Issaoui, Y; Khiat, A;
Bahnasse, A; Ouajji, H | 2021 http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3111306 |
| 41 | Modelling Construction Site Cost Index Based on Neural Network Ensembles | Juszczuk, M; Lesniak, A | 2019 http://dx.doi.org/10.3390/sym11030411 |
| 42 | FORECASTING OF SPORTS FIELDS CONSTRUCTION COSTS AIDED BY ENSEMBLES OF NEURAL NETWORKS | Juszczuk, M; Zima, K;
Lelek, W | 2019 http://dx.doi.org/10.3846/jicem.2019.10534 |
| 43 | Multiagent System to Simulate Risk-Allocation and Cost-Sharing Processes in Construction Projects | Karakas, K; Dikmen, I;
Birgonul, MT | 2013 http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000218 |
| 44 | Accident prediction in construction using hybrid wavelet-machine learning | Koc, K; Ekmekcioglu, O;
Gurgun, AP | 2022 http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103987 |

- 45 Building applications for smart and safe construction with the DECENTER Fog Computing and Brokerage Platform Kočovski, P; Stankovski, V 2021 <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103562>
- 46 Optimization of Ecological and Economic Aspects of the Construction Schedule with the Use of Metaheuristic Algorithms and Artificial Intelligence Kulejewski, J; Roslon, J 2023 <http://dx.doi.org/10.3390/su15010890>
- 47 Scientific and Applied Tools for Project Management in a Turbulent Economy with the Use of Digital Technologies Kulikov, P; Anin, O; Vahonova, O; Niema, O; Akimov, O; Akimova, L 2022 <http://dx.doi.org/10.22937/IICSNS.2022.22.9.78>
- 48 Can Artificial Intelligence be a Critical Success Factor of Construction Projects?: Project practitioners' perspectives Kumar, V; Pandey, A; Singh, R 2021 <http://dx.doi.org/10.22215/timreview/1471>
- 49 Team Formation for Human-Artificial Intelligence Collaboration in the Workplace: A Goal Programming Model to Foster Organizational Change La Torre, D; Colapinto, C; Durosini, I; Triberti, S 2021 <http://dx.doi.org/10.1109/TEM.2021.3077195>
- 50 Construction Project Claim Management under the Background of Wireless Communication and Artificial Intelligence Li, Y 2022 <http://dx.doi.org/10.1155/2022/6074104>
- 51 Early warning of engineering project knowledge management risk based on artificial intelligence Li, ZR; Mo, TT 2020 <http://dx.doi.org/10.1080/14778238.2020.1834885>
- 52 Using an Artificial Neural Network for Improving the Prediction of Project Duration Lishner, I; Shtub, A 2022 <http://dx.doi.org/10.3390/math10224189>
- 53 Applying Deep Learning and Single Shot Detection in Construction Site Image Recognition Lung, LW; Wang, YR 2023 <http://dx.doi.org/10.3390/buildings13041074>
- 54 CONCEPTUAL ESTIMATION OF CONSTRUCTION DURATION AND COST OF PUBLIC HIGHWAY PROJECTS Mohamed, B; Moselhi, O 2022 <http://dx.doi.org/10.36680/jitcon.2022.029>
- 55 Financial Risk Management Prediction of Mining and Industrial Projects using Combination of Artificial Intelligence and Simulation Methods Moradi, S; Mohammadi, SD; Bazzazi, AA; Aalianvari, A; Osmanpour, A 2022 <http://dx.doi.org/10.22044/jime.2022.12425.2255>

56	Project management: openings for disruption from AI and advanced analytics	Niederman, F	2021	http://dx.doi.org/10.1108/IJTP-09-2020-0639
57	Application of neural networks and neuro-fuzzy models in construction scheduling	Obianyo, JI; Udeala, RC; Alaneme, GU	2023	http://dx.doi.org/10.1038/s41598-023-35445-5
58	A knowledge-based risk management tool for construction projects using case-based reasoning	Okudan, O; Budayan, C; Dikmen, I	2021	http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114776
59	Automated Monitoring of Construction Sites of Electric Power Substations Using Deep Learning	Oliveira, BAS; Neto, APD; Fernandino, RMA; Carvalho, RF; Fernandes, AL; Guimaraes, FG	2021	http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3054468
60	Cost Forecasting of Public Construction Projects Using Multilayer Perceptron Artificial Neural Networks: A Case Study	Pessoa, A; Sousa, G; Maues, LMF; Alvarenga, FC; Santos, DD	2021	http://dx.doi.org/10.15446/ing.investig.v41n3.87737
61	A Change Management Approach with the Support of the Balanced Scorecard and the Utilization of Artificial Neural Networks	Psarras, A; Anagnostopoulos, T; Salmon, I; Psaromiligkos, Y; Vryzidis, L	2022	http://dx.doi.org/10.3390/admsci12020063
62	A hybrid method for improved stability prediction in construction projects: A case study of stope hangingwall stability	Qi, CC; Fourie, A; Ma, GW; Tang, XL	2018	http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2018.07.035
63	Artificial intelligence for the management of water projects and the management of water resources: A bibliographical analysis	Rojas, JJS; Suazo, NDC; Monago, JJC; Fernandez, ANA	2023	http://dx.doi.org/10.5267/j.ipm.2023.2.002
64	Integration between BIM and Agent-based simulation for the 4.0 detailed design	Rossini, FL	2019	http://dx.doi.org/10.13128/techne-7540
65	Forecasting the scheduling issues in engineering project management: Applications of deep learning models	Sai, L; Hao, WQ	2021	http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2021.04.013
66	Prospects, drivers of and barriers to artificial intelligence adoption in project management	Shang, G; Low, SP; Lim, XYV	2023	http://dx.doi.org/10.1108/BEPAM-12-2022-0195

67	Identifying issues in adoption of AI practices in construction supply chains: towards managing sustainability	Singh, A; Dwivedi, A; Agrawal, D; Singh, D	2023	http://dx.doi.org/10.1007/s12063-022-00344-x
68	Application of slime mold algorithm to optimize time, cost and quality in construction projects	Son, PVH; Khoi, LNQ	2023	http://dx.doi.org/10.1080/15623599.2023.2174660
69	Time-cost-quality-CO2 emissions optimization in construction management using slime mold algorithm opposition tournament mutation	Son, PVH; Khoi, LNQ	2023	http://dx.doi.org/10.1007/s00500-023-08387-3
70	Research on Intelligent Grading Evaluation of Water Conservancy Project Safety Risks Based on Deep Learning	Tao, FF; Pi, YL; Deng, MH; Tang, YJ; Yuan, C	2023	http://dx.doi.org/10.3390/w15081607
71	Knowledge chain integration of design structure matrix-based project team: An integration model	Tian, S; Zhao, HG; Xu, XB; Mu, RC; Ma, Q	2022	http://dx.doi.org/10.1002/sres.2866
72	Utilizing Industry 4.0 on the Construction Site: Challenges and Opportunities	Turner, CJ; Oyekan, O; Stergioulas, L; Griffin, D	2021	http://dx.doi.org/10.1109/TII.2020.3002197
73	Machine learning in project analytics: a data-driven framework and case study	Uddin, S; Ong, S; Lu, HH	2022	http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-19728-x
74	Analysis of the use of artificial intelligence in the management of Industry 4.0 projects. The perspective of Polish industry	Wachnik, B	2022	http://dx.doi.org/10.30657/pea.2022.28.07
75	RESEARCH ON CONSTRUCTION COST ESTIMATION BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY	Wang, B; Yuan, JJ; Ghafoor, KZ	2021	http://dx.doi.org/10.12694/scpe.v22i2.1868
76	Artificial Intelligence Technology Based on Deep Learning in Building Construction Management System Modeling	Wang, HB; Hu, Y	2022	http://dx.doi.org/10.1155/2022/5602842
77	IoT-assisted machine learning model for engineering project warehouse management	Wang, YK	2023	http://dx.doi.org/10.3233/ICM-226630
78	A comparative study of Artificial Intelligence methods for project duration forecasting	Wauters, M; Vanhoucke, M	2016	http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2015.10.008

79	Support Vector Machine Regression for project control forecasting	Wauters, M; Vanhoucke, M	2014	http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.07.014
80	Data Analytics and Artificial Intelligence in the Complex Environment of Megaprojects: Implications for Practitioners and Project Organizing Theory	Wijayasekera, SC; Hussain, SA; Paudel, A; Paudel, B; Steen, J; Sadiq, R; Hewage, K	2022	http://dx.doi.org/10.1177/87569728221114002
81	Graph-based deep learning model for knowledge base completion in constraint management of construction projects	Wu, CK; Li, X; Jiang, R; Guo, YJ; Wang, J; Yang, ZL	2022	http://dx.doi.org/10.1111/mice.12904
82	Theoretical framework of Fuzzy-AI model in quantitative project management	Xu, F; Lin, SP	2016	http://dx.doi.org/10.3233/IIFS-151776
83	Prediction of Risk Delay in Construction Projects Using a Hybrid Artificial Intelligence Model	Yaseen, ZM; Ali, ZH; Salih, SQ; Al-Ansari, N	2020	http://dx.doi.org/10.3390/su12041514
84	Project engineering management evaluation based on GABP neural network and artificial intelligence	Yu, L	2023	http://dx.doi.org/10.1007/s00500-023-08133-9
85	Research on grey situation decision in the context of system analysis of village planning projects using fuzzy TOPSIS	Zhou, ZH; Zou, YW	2021	http://dx.doi.org/10.3233/IIFS-189641
86	Applications of Smart Technologies in Construction Project Management	Zhu, HJ; Hwang, BG; Ngo, J; San Tan, JP	2022	http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002260
87	A Resource Scheduling Method for Enterprise Management Based on Artificial Intelligence Deep Learning	Zhu, LJ; Huang, L	2022	http://dx.doi.org/10.1155/2022/4277149
