

INFORME PROYECTOS— 2024

Investigación sobre el uso de IA generativa en los sistemas de control industrial “INDIA”

Informe final

Número de proyecto: 22400005

Expediente: IMAMCA/2024/2

Duración: Del 01/01/2024 al 31/12/2024

Coordinado en AIDIMME por: Gabriel Modia Pozuelo

AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO



GENERALITAT
VALENCIANA

iVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO

ÍNDICE

ÍNDICE	1
TABLA DE CUADROS	1
TABLA DE ILUSTRACIONES	1
ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	2
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. ESTADO DEL ARTE	5
2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL	5
2.1.1 DEFINICIÓN Y OBJETIVOS DE LA IA	5
2.1.2 EVOLUCIÓN DE LA IA	5
2.1.3 ÁREAS CLAVE DE LA IA	7
2.1.4 IMPACTO EN LA INDUSTRIA Y LA SOCIEDAD.....	8
2.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA	9
2.2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES	9
2.2.2 APLICACIONES DE LA IA GENERATIVA.....	10
2.2.3 DESAFÍOS Y CONSIDERACIONES ÉTICAS	11
2.2.4 FUTURO DE LA IA GENERATIVA	11
2.3 CONTROL DE LA EJECUCIÓN EN PROCESOS INDUSTRIALES	11
2.3.1 DEFINICIÓN Y FUNCIONES DEL CONTROL DE LA EJECUCIÓN DE PROCESOS.....	12
2.3.2 TECNOLOGÍAS APLICADAS EN EL CONTROL DE LA EJECUCIÓN	12
2.3.3 BENEFICIOS DEL CONTROL DE LA EJECUCIÓN EN PROCESOS INDUSTRIALES.....	13
2.3.4 RETOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE LA EJECUCIÓN	13
3. ESTUDIO DE LOS MODELOS DISPONIBLES	15
3.1 GEMINI	15
3.2 OPENAI	15
3.3 CLAUDE	15
3.4 COMPARATIVA	16
4. DESARROLLO DEL PROYECTO	17

4.1 DESARROLLO DE LA INTERFAZ DE USUARIO	18
4.2 CONEXIÓN CON EL MODELO DE IA GENERATIVA	19
4.2.1 ASISTENTES DESARROLLADOS	20
4.2.2 ENDPOINTS DE LA API	23
4.3 DESARROLLO DEL BACKEND	24
4.4 GESTIÓN DE EVENTOS ASÍNCRONOS.....	25
4.4.1 PONERTITULOACONVERSACION:	26
4.4.2 GETOPENAIRESPONSE.....	27
<u>5. PRUEBAS EN ENTORNO INDUSTRIAL</u>	<u>28</u>
<u>6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO</u>	<u>30</u>
<u>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u>	<u>32</u>

TABLA DE CUADROS

Tabla 1 - Comparativa de modelos de IA Generativa (Fuente: Elaboración propia) 16

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Interfaz de ChatGPT (Fuente: OpenAI).....	4
Ilustración 2 - Logo de Gemini (Fuente: Google).....	15
Ilustración 3 - Logo de Claude (Fuente: Anthropic).....	16
Ilustración 4 - Software PLASMA (Fuente:AIDIMME).....	17
Ilustración 5 - Botón de acceso al nuevo módulo (Fuente: Elaboración propia)	18
Ilustración 6 - Interfaz de Chat de INDIA	18
Ilustración 7 - Árbol de componentes de React (Fuente: Elaboración propia).....	19
Ilustración 8 - Precios por token de OpenAI (Fuente: OpenAI).....	20
Ilustración 9 - Ejemplo de ejecución de titulizador (Fuente: elaboración propia).....	21
Ilustración 10 - Descripción de la función para iniciar OF (Fuente: Elaboración propia).....	22
Ilustración 11 - Flujo de ejecución de las llamadas a funciones de OpenAI (Fuente: OpenAI).....	23
Ilustración 12 - Integración de las tecnologías en el proyecto INDIA (Fuente: Elaboración propia)	24
Ilustración 13 - Esquema de funcionamiento de los jobs, workers y queues (Fuente: DevComunity).....	26
Ilustración 14 - Logo de Pusher (Fuente: Wikimedia)	27
Ilustración 15 - Ejemplo de consulta en INDIA (Fuente: Elaboración propia).....	28
Ilustración 16 - Ejemplo de ejecución de acción en INDIA (Fuente: Elaboración propia)	29

Acrónimos y abreviaturas

- IA - Inteligencia Artificial
- MES - Manufacturing Execution System (Sistema de Ejecución de Manufactura)
- PLN - Procesamiento del Lenguaje Natural
- GANs - Redes Generativas Antagónicas (Generative Adversarial Networks)
- PLCs - Controladores Lógicos Programables
- SCADA - Supervisión, Control y Adquisición de Datos (Supervisory Control and Data Acquisition)
- IoT - Internet de las Cosas (Internet of Things)
- CPS - Sistemas Ciberfísicos
- ERP - Enterprise Resource Planning (Planificación de Recursos Empresariales)
- LLM - Modelos de Lenguaje de Gran Escala (Large Language Models)
- GPT - Generative Pre-trained Transformer
- API - Interfaz de Programación de Aplicaciones (Application Programming Interface)
- OEE - Overall Equipment Effectiveness (Efectividad General de los Equipos)

Abstract

Los sistemas de Inteligencia Artificial han sido los indiscutibles protagonistas en el panorama tecnológico en los últimos años, especialmente impulsados por la accesibilidad y utilidad de la inteligencia artificial generativa. Aunque esta tecnología ha transformado en muy poco tiempo el funcionar de muchas profesiones y sectores productivos, la penetración de esta tecnología sigue siendo muy baja en los entornos industriales.

En este documento se explicará el desarrollo del proyecto INDIA que tiene como objetivo facilitar el uso de la IA generativa en entornos industriales de manera sencilla, simplificando la interacción humano-máquina y aumentando la productividad general de la empresa. Se comenzará por el estudio del estado del arte actual, después se investigarán las distintas tecnologías y modelos disponibles para realizar el proyecto, se ahondará en el desarrollo de una interfaz de chat conectada a un asistente virtual integrado dentro de un sistema de control de manufactura (MES), se mostrarán los resultados obtenidos y cómo estos facilitan la interacción y por último se marcarán las conclusiones del trabajo y las futuras líneas de investigación que deja abiertas.

1. Introducción

En el panorama tecnológico de 2024 existe una tecnología que destaca claramente en popularidad, la inteligencia artificial, motivado principalmente por la rápida adopción de los modelos de IA generativa gracias a herramientas de fácil acceso y utilización como ChatGPT que se muestra en la Ilustración 1.



Ilustración 1 - Interfaz de ChatGPT (Fuente: OpenAI)

La estructuración en forma de Chat de estas herramientas permite al usuario, incluso sin ningún tipo de conocimiento previo sobre inteligencia artificial, estadística o programación, comunicarse con los sistemas de IA utilizando el lenguaje natural extrayendo un potencial enorme para tareas de programación, redacción de texto, creación de imágenes, etc.

Esta capacidad se ha traducido en un aumento sustantivo de la productividad en muchas áreas ya que amplifica las habilidades de cualquier trabajador, así

como el tiempo requerido para desempeñar las tareas.

Sin embargo, aunque aquellas empresas que basan su modelo de negocio en el trabajo de oficina y de gestión de datos han disfrutado de estas ventajas con una inversión casi nula, otras empresas que trabajan en entornos menos digitalizados no han podido aprovechar las ventajas de esta tecnología y sus modelos productivos no se han visto prácticamente afectados por ella. Las empresas manufactureras son un claro ejemplo de esto ya que el efecto de esta tecnología ha quedado relegado simplemente a un conjunto reducido de tareas administrativas.

El proyecto INDIA (Investigación sobre el uso de IA generativa en los sistemas de control industrial) ha tenido como objetivo investigar y desarrollar herramientas de Inteligencia Artificial Generativa que se puedan incorporar de manera sencilla en los procesos productivos de las fábricas disminuyendo así las barreras de entrada a la tecnología y consiguiendo el mencionado aumento en la productividad y las capacidades.

2. Estado del arte

Este apartado revisa el estado actual del arte de aquellas tecnologías y técnicas relativas al proyecto, en especial, se revisará la inteligencia artificial, la IA generativa y los sistemas de control de ejecución en procesos industriales.

2.1 Inteligencia artificial

La Inteligencia Artificial (IA) es un campo interdisciplinario de la informática que tiene como objetivo desarrollar sistemas capaces de realizar tareas que tradicionalmente requieren inteligencia humana. Entre estas tareas se incluyen el reconocimiento de patrones, la toma de decisiones, el procesamiento del lenguaje natural y la percepción visual, entre otras. Con el paso del tiempo, la IA ha pasado de ser un concepto puramente teórico a una tecnología aplicada en diversos sectores como la manufactura, la medicina, las finanzas, el transporte y la comunicación.

2.1.1 Definición y objetivos de la IA

La IA se define como la capacidad de una máquina o sistema para emular funciones cognitivas humanas. Dentro de este campo, se distinguen dos grandes categorías: la IA débil y la IA fuerte. La IA débil, también denominada IA estrecha, se refiere a sistemas diseñados para realizar tareas específicas, como el reconocimiento facial o la clasificación automática de correos electrónicos. Este tipo de IA es la más extendida en la actualidad. Por su parte, la IA fuerte hace referencia a la creación de máquinas que puedan replicar la inteligencia general humana, es decir, realizar cualquier tarea intelectual que una persona pueda ejecutar, aunque este objetivo sigue siendo un tema de investigación más que una realidad práctica (Russell & Norvig, 2020).

Entre los subcampos principales de la IA destacan el aprendizaje automático (machine learning), el aprendizaje profundo (deep learning) y el procesamiento del lenguaje natural (PLN) (Bishop, 2006). Estos subcampos han experimentado avances notables en las últimas décadas, lo que ha impulsado de manera significativa las aplicaciones y capacidades de los sistemas de IA.

2.1.2 Evolución de la IA

El desarrollo de la inteligencia artificial ha seguido una trayectoria marcada por importantes avances tecnológicos y teóricos. A continuación, se destacan algunos de los hitos más significativos en la evolución de este campo (Anyoha, 2017) (Smith, Mc Guire, Huang, & Yang, 2006):

1. **Conferencia de Dartmouth (1956):** Considerada el punto de partida formal de la IA como disciplina. Fue en esta conferencia donde se acuñó el término "inteligencia artificial", y se propuso la idea de que una máquina podría replicar aspectos del aprendizaje y la inteligencia humana. Los organizadores, entre ellos John McCarthy, Marvin Minsky y Claude Shannon, sentaron las bases para

- futuras investigaciones en el campo.
2. **Algoritmos de búsqueda y resolución de problemas (década de 1960):** Durante los primeros años de la IA, los investigadores se centraron en la creación de programas capaces de resolver problemas complejos mediante algoritmos de búsqueda, como el algoritmo A* (A-star), utilizado para encontrar la ruta más eficiente entre dos puntos. Estos algoritmos fueron pioneros en la capacidad de las máquinas para tomar decisiones basadas en grandes volúmenes de datos.
 3. **Primera red neuronal artificial (1958):** Frank Rosenblatt desarrolló el **perceptrón**, el primer modelo de red neuronal artificial, que fue capaz de realizar tareas de reconocimiento de patrones básicos. Aunque las redes neuronales quedaron en segundo plano durante varias décadas debido a limitaciones tecnológicas, este desarrollo sentó las bases para lo que más tarde sería el aprendizaje profundo (deep learning).
 4. **Sistemas expertos (década de 1970):** Los sistemas expertos, como **DENDRAL** (1965), el primer sistema experto desarrollado para la química orgánica, y **MYCIN** (1972), un sistema experto para el diagnóstico médico, demostraron que las máquinas podían emular el proceso de toma de decisiones de expertos humanos en campos específicos. Estos sistemas se basaban en reglas predefinidas para realizar inferencias lógicas.
 5. **Invierno de la IA (1974-1990):** El término "invierno de la IA" hace referencia a un periodo en el que la financiación y el interés por la IA disminuyeron significativamente debido a las limitaciones tecnológicas de la época, especialmente en términos de poder de cómputo y capacidad de almacenamiento. Los sistemas de IA eran costosos y lentos, lo que llevó a una disminución en el entusiasmo por su desarrollo.
 6. **Resurgimiento de la IA (década de 1990):** A finales de la década de 1990, la inteligencia artificial experimentó un renacimiento gracias a dos factores clave: el aumento del poder computacional y la disponibilidad de grandes volúmenes de datos. El desarrollo de **algoritmos de aprendizaje automático** más eficientes permitió la creación de sistemas más precisos. Un hito notable fue la victoria de **Deep Blue**, una computadora desarrollada por IBM, sobre el campeón mundial de ajedrez Garry Kasparov en 1997.
 7. **Avances en el aprendizaje automático (década de 2000):** Durante esta década, el enfoque de la IA comenzó a desplazarse hacia el **aprendizaje automático** (machine learning), que permite que los sistemas mejoren su rendimiento a medida que se entrenan con grandes conjuntos de datos. El surgimiento de **SVMs (Máquinas de Soporte Vectorial)** y la popularización de **redes bayesianas** fueron fundamentales en este periodo.
 8. **Renacimiento de las redes neuronales y el aprendizaje profundo (década de 2010):** El redescubrimiento de las redes neuronales y la aparición del **aprendizaje profundo** (deep learning) marcaron un nuevo hito en la historia de la IA. El uso de **redes neuronales convolucionales (CNNs)** para el reconocimiento de

imágenes y **redes neuronales recurrentes (RNNs)** para el procesamiento del lenguaje natural han sido claves para el avance en estas áreas.

En 2012, el modelo de aprendizaje profundo de **AlexNet** ganó el concurso de reconocimiento de imágenes **ImageNet**, superando significativamente a los modelos anteriores en precisión. Este evento marcó el punto de inflexión hacia el uso generalizado del aprendizaje profundo.

9. **IA en juegos y tareas complejas (2015-2020):** La inteligencia artificial logró éxitos significativos en la resolución de tareas complejas que requieren planificación y estrategia. En 2016, el sistema de IA **AlphaGo** de DeepMind, basado en aprendizaje profundo y aprendizaje por refuerzo, derrotó al campeón mundial de Go, un juego mucho más complejo que el ajedrez. Esta victoria demostró la capacidad de la IA para realizar tareas que antes se consideraban imposibles para las máquinas.
10. **IA en aplicaciones comerciales y cotidianas (2020 en adelante):** A partir de 2020, la inteligencia artificial se ha integrado de manera más amplia en aplicaciones comerciales y cotidianas, desde asistentes virtuales como **Siri** y **Alexa**, hasta sistemas de conducción autónoma y motores de recomendación en plataformas de comercio electrónico y redes sociales y destacando el acceso al público general de los modelos generadores gracias a ChatGPT. La IA se ha vuelto omnipresente en la toma de decisiones en muchas áreas industriales, y su impacto continúa expandiéndose a medida que las tecnologías subyacentes, como el procesamiento del lenguaje natural y la visión artificial, siguen mejorando.

2.1.3 Áreas clave de la IA

El desarrollo de la IA abarca diversas áreas interrelacionadas, entre las que se destacan (Athanasopoulou, Daneva, Adamopoulos, & Scorilas, 2022) (Russell & Norvig, 2020):

- **Aprendizaje automático (machine learning):** El aprendizaje automático se basa en la premisa de que las máquinas pueden mejorar su rendimiento al procesar grandes volúmenes de datos. Este campo se fundamenta en algoritmos que permiten a los sistemas identificar patrones y hacer predicciones sin intervención humana directa. El aprendizaje automático se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, como motores de recomendación, detección de fraudes y sistemas de conducción autónoma.
- **Aprendizaje profundo (deep learning):** El aprendizaje profundo es una subdisciplina del aprendizaje automático que utiliza redes neuronales artificiales de múltiples capas. Estas redes son capaces de procesar grandes cantidades de datos y aprender de ellos de manera jerárquica, lo que les permite llevar a cabo tareas más complejas, como el reconocimiento de imágenes y el procesamiento del lenguaje natural.
- **Procesamiento del lenguaje natural (PLN):** El procesamiento del lenguaje

natural se refiere a la capacidad de los sistemas de IA para comprender y generar lenguaje humano. El PLN se aplica en diversas tareas, como la traducción automática, el análisis de sentimientos y la generación de texto. Los avances recientes en este campo, impulsados por modelos como BERT y GPT, han permitido que los sistemas de IA comprendan y generen lenguaje de manera más precisa y contextualizada.

- **Visión artificial:** Esta área de la IA se encarga de desarrollar sistemas que puedan interpretar y entender imágenes y videos. La visión por computadora es fundamental en aplicaciones como los vehículos autónomos, los sistemas de seguridad y la realidad aumentada.
- **Sistemas expertos:** Los sistemas expertos están diseñados para replicar el conocimiento de especialistas en campos específicos, como el diagnóstico médico o la asesoría financiera. Estos sistemas emplean reglas predefinidas para tomar decisiones informadas en función de la información proporcionada, lo que los convierte en herramientas útiles para la resolución de problemas en áreas complejas.

2.1.4 Impacto en la industria y la sociedad

La aplicación de la IA ha generado un impacto significativo en numerosos sectores industriales. En el sector manufacturero, la IA se puede utilizar para mejorar la eficiencia operativa mediante la optimización de procesos, la mejora de la calidad del producto y la predicción de fallos en maquinaria, sin embargo, su uso no está muy extendido aún. En el ámbito de la salud, la IA permite realizar diagnósticos más precisos y personalizar los tratamientos médicos. En el sector financiero, la IA contribuye a mejorar la detección de fraudes y la evaluación de riesgos.

No obstante, el desarrollo de la IA también plantea retos éticos y sociales. La automatización de tareas ha generado preocupaciones en torno al desplazamiento de empleo en diversas industrias (Gupta, 2023). Adicionalmente, surgen interrogantes en torno a la privacidad de los datos, la transparencia en los algoritmos (Christian, 2020) y la posibilidad de sesgos en los sistemas de IA (Gordon, 2023). Por tanto, resulta crucial establecer regulaciones que garanticen un uso responsable y equitativo de esta tecnología.

La inteligencia artificial ha emergido como una de las tecnologías más disruptivas de la actualidad, con un amplio rango de aplicaciones en diversos sectores. Su evolución continuará a medida que se superen las barreras técnicas y éticas, permitiendo un uso cada vez más generalizado. Sin embargo, la implementación de la IA debe gestionarse cuidadosamente para asegurar que se maximicen sus beneficios y se minimicen los riesgos asociados, como los mencionados anteriormente.

2.2 Inteligencia artificial generativa

La Inteligencia Artificial Generativa es un subcampo de la inteligencia artificial que se centra en la creación de modelos capaces de generar contenido nuevo y original a partir de datos preexistentes. A diferencia de otros tipos de IA, que se enfocan en tareas como la clasificación, predicción o reconocimiento de patrones, la IA generativa busca producir resultados nuevos e innovadores, como imágenes, texto, audio o datos sintéticos (Google Inc, 2024). En este contexto, la IA generativa tiene aplicaciones en una amplia gama de sectores, incluyendo la creatividad, el entretenimiento, la ingeniería, la medicina y la investigación científica.

2.2.1 Conceptos fundamentales

Los modelos de inteligencia artificial generativa se basan en el uso de algoritmos que aprenden las características subyacentes de un conjunto de datos y utilizan ese conocimiento para generar nuevos ejemplos que imitan o amplían dicho conjunto. Existen varios enfoques fundamentales en este campo, entre los que se destacan los siguientes:

- **Redes Generativas Antagónicas (GANs):** Las GANs fueron introducidas por Ian Goodfellow en 2014 y han sido una de las tecnologías más revolucionarias en el campo de la IA generativa. Este enfoque consiste en dos redes neuronales que compiten entre sí: una red generadora, que intenta crear datos falsos (por ejemplo, imágenes), y una red discriminadora, que evalúa si los datos generados son auténticos o falsos. Con el tiempo, ambas redes mejoran sus capacidades, lo que permite que la red generadora cree datos cada vez más realistas.
- **Modelos Autoregresivos:** Los modelos autoregresivos, como GPT (Generative Pre-trained Transformer), son capaces de generar secuencias de datos, como texto o música, prediciendo el siguiente elemento de la secuencia a partir de los elementos anteriores. Estos modelos, que forman parte de una categoría más amplia conocida como **Large Language Models (LLM)**, han demostrado ser altamente efectivos en tareas como la generación de texto coherente y relevante. LLMs, como GPT, han sido fundamentales en el desarrollo de chatbots avanzados y sistemas de generación de lenguaje natural. Estos modelos son entrenados en grandes cantidades de texto para comprender y generar lenguaje de manera sorprendentemente precisa y coherente, logrando aplicaciones útiles en la automatización de respuestas, creación de contenido y asistencia en tareas que requieren procesamiento del lenguaje.
- **Autoencoders Variacionales (VAEs):** Los VAEs son otro tipo de modelo generativo utilizado para crear nuevas instancias de datos. A diferencia de las GANs, los VAEs se centran en representar los datos de entrada en un espacio latente continuo y luego generar nuevas muestras a partir de ese espacio

latente. Este enfoque se utiliza con frecuencia en la generación de imágenes y en la síntesis de datos, con aplicaciones en áreas como la biología computacional y la creación de prototipos en ingeniería.

2.2.2 Aplicaciones de la IA generativa

Las aplicaciones de la inteligencia artificial generativa son amplias y variadas, debido a su capacidad para crear contenido original que puede ser indistinguible de los datos reales. A continuación, se presentan algunas de las áreas más relevantes:

- **Generación de imágenes y arte:** Las GANs y otros modelos generativos se han utilizado para crear imágenes y obras de arte originales. Estas herramientas han encontrado aplicación en el diseño gráfico, la publicidad, el entretenimiento y la creación de contenido multimedia. Por ejemplo, artistas digitales utilizan IA generativa para producir imágenes abstractas o hiperrealistas basadas en parámetros personalizados.
- **Generación de texto:** Modelos como GPT y otros LLMs han demostrado ser capaces de producir texto coherente en varios idiomas, con aplicaciones en la redacción de artículos, generación de historias, resúmenes automáticos y respuesta a preguntas. Estos modelos también han sido utilizados en chatbots avanzados, como el que se ha incorporado a ciertos sistemas empresariales para facilitar la interacción conversacional entre usuarios y sistemas.
- **Datos sintéticos:** En áreas donde la recopilación de grandes volúmenes de datos es costosa o complicada (por ejemplo, en la medicina o la investigación científica), la IA generativa puede crear datos sintéticos que imitan las características de los datos reales. Estos datos se utilizan para entrenar modelos de aprendizaje automático sin necesidad de contar con grandes cantidades de datos reales.
- **Diseño en ingeniería y manufactura:** En el sector de la manufactura, la IA generativa se emplea para crear prototipos de productos o piezas optimizadas, basadas en criterios de rendimiento y eficiencia. Los algoritmos generativos son capaces de diseñar estructuras complejas y ligeras, que luego pueden ser fabricadas mediante impresión 3D u otros métodos avanzados de fabricación.
- **Audio y música:** La IA generativa también ha sido aplicada a la creación de música y sonido. Modelos como OpenAI Jukebox son capaces de generar composiciones musicales originales a partir de estilos o artistas específicos. Esta tecnología está transformando la industria de la música y el entretenimiento,

facilitando la creación de bandas sonoras, jingles publicitarios y composiciones personalizadas.

2.2.3 Desafíos y consideraciones éticas

A pesar de los avances en inteligencia artificial generativa, este campo enfrenta varios desafíos técnicos y éticos. Entre los problemas técnicos se encuentran la necesidad de grandes volúmenes de datos y un poder computacional considerable para entrenar modelos generativos avanzados. Además, el proceso de generación de contenido realista a menudo implica ajustarse a parámetros finamente calibrados, lo que puede limitar la flexibilidad del modelo.

Desde una perspectiva ética, la IA generativa plantea preocupaciones significativas. Uno de los problemas más destacados es el uso de deepfakes, es decir, contenido multimedia manipulado generado mediante IA, que puede usarse con fines maliciosos, como la creación de videos o audios falsos que suplantan identidades. Además, la generación automática de texto plantea preguntas sobre la desinformación y la propiedad intelectual, ya que la IA puede crear contenidos que imitan el estilo o el trabajo de creadores humanos.

También surge la cuestión de cómo garantizar la transparencia y la responsabilidad en los sistemas de IA generativa. Los modelos de generación de contenido, aunque potentes, son difíciles de explicar y controlar, lo que genera preocupación en torno a la supervisión y regulación de su uso.

2.2.4 Futuro de la IA generativa

El futuro de la inteligencia artificial generativa es prometedor. A medida que la capacidad de procesamiento y el acceso a datos mejoran, los modelos generativos, como los LLMs, se volverán más eficientes y precisos, permitiendo su integración en más áreas industriales y comerciales. Se espera que la IA generativa siga evolucionando en campos como el entretenimiento, el diseño y la investigación científica, abriendo nuevas posibilidades para la creación y optimización de productos, contenidos y soluciones tecnológicas.

2.3 Control de la ejecución en procesos industriales

El control de la ejecución de los procesos industriales en el entorno de fabricación es una función esencial dentro del ciclo de vida productivo que asegura la gestión, monitorización y optimización de las operaciones en tiempo real. Para tener un control preciso, efectivo y en tiempo real, es indispensable contar con una herramienta de gestión de la información potente e integrada en ellos sistemas de fabricación, este tipo de software se conoce cómo **Manufacturing Execution System (MES)**, un sistema que puede conectar con la capa de automatización con los sistemas de planificación (ERP), garantizando que las actividades en planta se alineen con los objetivos estratégicos de

la empresa (SAP).

2.3.1 Definición y funciones del control de la ejecución de procesos

El control de la ejecución de los procesos industriales se refiere al conjunto de actividades y herramientas destinadas a gestionar y supervisar el flujo de trabajo en una planta de producción. Su principal objetivo es asegurar que las operaciones se realicen de acuerdo con las especificaciones predefinidas, minimizando las desviaciones y optimizando el uso de recursos.

Entre las funciones clave de los sistemas de control de ejecución se incluyen:

- **Gestión de la producción:** Este módulo se encarga de organizar y dirigir el flujo de trabajo, asegurando que los recursos (materiales, mano de obra y maquinaria) se utilicen de manera eficiente y que las órdenes de producción se completen dentro de los plazos establecidos.
- **Monitorización en tiempo real:** Los sistemas de control de ejecución permiten la monitorización constante de las operaciones en planta. Mediante el uso de sensores, PLCs (Controladores Lógicos Programables) y sistemas SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), se recopila información sobre el estado de las máquinas, los niveles de inventario y el progreso de las órdenes de producción.
- **Control de calidad:** Un componente esencial del control de ejecución es la supervisión de la calidad del producto en cada etapa del proceso productivo. Esto se logra mediante la inspección continua y el registro de parámetros clave que aseguran que los productos cumplan con las especificaciones.
- **Trazabilidad:** Los sistemas de control de ejecución permiten un seguimiento exhaustivo de los materiales, piezas y productos a lo largo de todo el ciclo de producción. La trazabilidad es crítica para la gestión de inventarios, la identificación de defectos y el cumplimiento de normativas.

2.3.2 Tecnologías aplicadas en el control de la ejecución

El control de la ejecución de procesos industriales en fábrica se apoya en diversas tecnologías que han evolucionado significativamente en las últimas décadas. Estas tecnologías no solo permiten una gestión más eficiente de los procesos, sino que también contribuyen a una mayor flexibilidad y capacidad de respuesta ante cambios en la demanda o en el entorno de producción.

- **Sistemas MES:** Los **Manufacturing Execution Systems (MES)** son el núcleo del control de ejecución en una planta de producción. Estos sistemas integran información de múltiples fuentes (máquinas, operarios, sensores) para coordinar, monitorizar y optimizar las actividades en la fábrica. Los MES permiten visualizar el estado de los procesos, gestionar las órdenes de trabajo y mejorar la planificación de la producción. Su implementación ha sido clave para lograr una mayor eficiencia operativa en entornos industriales.
- **Automatización industrial:** La automatización industrial es un pilar fundamental para el control de la ejecución de procesos. A través de **PLCs, sistemas SCADA y**

redes industriales, se automatizan las tareas repetitivas y se asegura el control preciso de las máquinas. Estas tecnologías permiten una ejecución más rápida y precisa de los procesos, además de reducir los errores humanos.

- **Internet de las Cosas (IoT) industrial:** El **IoT industrial** juega un papel crucial en el control de la ejecución, ya que permite la interconexión de máquinas, dispositivos y sistemas en planta. Los sensores inteligentes y los dispositivos IoT proporcionan datos en tiempo real sobre el rendimiento de los equipos y las condiciones de producción. Esto permite a los operadores tomar decisiones informadas rápidamente y realizar ajustes en tiempo real para optimizar los resultados.
- **Sistemas ciberfísicos:** Los **sistemas ciberfísicos (CPS)** combinan procesos físicos con la computación y la comunicación, creando fábricas más inteligentes. Los CPS permiten una mayor flexibilidad en la producción, lo que facilita la adaptación a cambios en los requisitos de fabricación y una mayor personalización de los productos.

2.3.3 Beneficios del control de la ejecución en procesos industriales

El control efectivo de la ejecución de los procesos industriales en fábrica ofrece múltiples beneficios a las organizaciones:

- **Mejora de la eficiencia operativa:** Al monitorear en tiempo real el rendimiento de las máquinas y los procesos, se pueden identificar cuellos de botella y optimizar el flujo de trabajo, reduciendo los tiempos de inactividad y mejorando la utilización de recursos.
- **Reducción de costos:** La supervisión precisa de los procesos y el uso eficiente de los recursos permiten minimizar desperdicios, mejorar la planificación del mantenimiento preventivo y evitar tiempos de inactividad no planificados. Todo esto contribuye a una reducción significativa de los costos operativos.
- **Calidad mejorada:** La monitorización continua de parámetros clave en cada etapa del proceso de producción garantiza que los productos finales cumplan con los estándares de calidad predefinidos. Esto reduce la tasa de defectos y rechazos, mejorando la satisfacción del cliente.
- **Flexibilidad en la producción:** Los sistemas de control de ejecución permiten una mayor flexibilidad para adaptarse a cambios en la demanda o personalización de productos. Esto es especialmente valioso en entornos de fabricación avanzada, donde la capacidad de realizar ajustes rápidos es crucial.
- **Cumplimiento normativo:** El control de la trazabilidad y la calidad facilita el cumplimiento de normativas y estándares industriales. En sectores como la automoción o la alimentación, donde las regulaciones son estrictas, los sistemas de control de ejecución son esenciales para asegurar la conformidad con las regulaciones aplicables.

2.3.4 Retos en la implementación del control de la ejecución

A pesar de los múltiples beneficios, la implementación de sistemas de control de la

ejecución de procesos industriales presenta ciertos desafíos:

- **Integración con sistemas existentes:** Uno de los principales retos es la integración de los sistemas de control de ejecución con los sistemas heredados o legacy, así como con los sistemas de planificación (ERP). La falta de interoperabilidad entre sistemas puede dificultar la adopción de tecnologías avanzadas.
- **Costo inicial y retorno de inversión:** La implementación de tecnologías avanzadas como sistemas MES, IoT industrial y automatización requiere una inversión inicial significativa. Sin embargo, los beneficios a largo plazo suelen compensar esta inversión, aunque puede tomar tiempo para que las empresas vean un retorno tangible.
- **Capacitación del personal:** La introducción de tecnologías avanzadas requiere que el personal en planta esté capacitado para interactuar con los nuevos sistemas. Esto implica una curva de aprendizaje y una inversión en formación para garantizar el correcto uso de las herramientas y la tecnología.

3. Estudio de los modelos disponibles

3.1 Gemini

Gemini es una plataforma desarrollada por Google DeepMind, diseñada para aprovechar los avances en inteligencia artificial generativa y aplicarlos en diversos entornos. La herramienta destaca por su enfoque de aprendizaje profundo, utilizando grandes modelos de lenguaje para procesar y generar información que puede ser empleada en la toma de decisiones automatizada.



*Ilustración 2 - Logo de Gemini
(Fuente: Google)*

Gemini está basada en modelos de lenguaje de gran escala (LLM), similares a los utilizados en GPT. Utiliza técnicas de aprendizaje profundo, incluidas redes neuronales transformer, para procesar grandes volúmenes de datos de manera eficiente. Su capacidad para integrar múltiples fuentes de datos y ofrecer análisis predictivos en tiempo real la convierte en una herramienta robusta (Google, 2024).

3.2 OpenAI

OpenAI es una organización de investigación en inteligencia artificial (IA) fundada en 2015 con el objetivo de desarrollar y promover IA avanzada de manera segura y beneficiosa para la humanidad. OpenAI ha sido pionera en la creación de modelos de lenguaje de gran escala, como GPT (Generative Pre-trained Transformer), que son capaces de generar y comprender texto de manera autónoma. Estos modelos se entrenan utilizando vastos conjuntos de datos y potentes técnicas de aprendizaje profundo, permitiendo aplicaciones en una amplia gama de áreas, desde la generación de texto hasta la resolución de problemas complejos en diversos campos.

Uno de los productos más destacados de OpenAI es GPT-4o, un modelo de lenguaje que puede entender y generar texto en contextos variados, permitiendo su uso en tareas como la traducción, el análisis de datos, la programación y la interacción conversacional. OpenAI también ha desarrollado otras herramientas influyentes, como DALL-E para la generación de imágenes a partir de descripciones textuales y Codex, que transforma texto en código. La organización ha establecido colaboraciones con grandes actores de la industria tecnológica, como Microsoft, para integrar sus herramientas en aplicaciones comerciales, destacándose por su enfoque abierto, transparente y su compromiso con la creación de una IA que maximice los beneficios para la sociedad, minimizando al mismo tiempo los posibles riesgos éticos y de seguridad (OpenAI, 2024).

3.3 Claude

Claude es un modelo de inteligencia artificial generativa desarrollado por Anthropic, una empresa fundada por ex trabajadores de OpenAI, Daniela Amodei y Dario Amodei, que

divergían con la dirección de esta última en su enfoque sobre los valores éticos y el control de la IA, especialmente tras los tratos comerciales con Microsoft. Debido a esta situación, Claude es conocida por su enfoque en la construcción de sistemas de IA alineados con valores éticos. Claude ha sido diseñado como un asistente conversacional avanzado, que utiliza modelos de lenguaje de gran escala para generar respuestas coherentes, mantener diálogos extensos y realizar tareas complejas de procesamiento de lenguaje natural (NLP).



Ilustración 3 - Logo de Claude
(Fuente: Anthropic)

Claude está basado en un modelo de lenguaje de gran tamaño, similar a los desarrollados por OpenAI y Google, aunque con un fuerte enfoque en la seguridad y el alineamiento ético. Utiliza transformadores, una arquitectura de redes neuronales que permite procesar y generar texto de manera eficiente, basada en grandes cantidades de datos de entrenamiento. La optimización de Claude se enfoca en mejorar la capacidad del modelo para seguir instrucciones y generar respuestas que sean útiles y seguras (Anthropic, 2024).

3.4 Comparativa

Se muestra a continuación una tabla comparativa entre los servicios propuestos:

Tabla 1 - Comparativa de modelos de IA Generativa (Fuente: Elaboración propia)

Característica	Google Gemini	OpenAI (GPT-4)	Claude (Anthropic)
Modelo	Gemini 1.5 pro	GPT-4o	Claude 3.5 Sonnet
Desarrollador	Google DeepMind	OpenAI	Anthropic
Precio por millón de tokens	Input: \$3.5 Output: \$10.5	Input: \$5 Output: \$15	Input: \$3 Output: \$15
Límites de contexto	2M de tokens	128K tokens	100K tokens
Disponibilidad	Acceso a través de API con suscripción	Acceso a través de API con suscripción	Acceso a través de API con suscripción

4. Desarrollo del proyecto

El primer punto a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto fue la elección de dónde incluir un sistema de inteligencia artificial generativa de forma que pudiera aportar una mejora significativa a los procesos industriales. Con este objetivo como guía, se decidió incluir el proyecto INDIA dentro de un sistema MES por varias razones:

- 1. Disponibilidad del software:** AIDIMME dispone de un software MES llamado PLASMA que está instalado en diversas empresas controlando ya procesos industriales. Este software ha sido desarrollado íntegramente por AIDIMME, lo que le otorga total disponibilidad del código, además de esto, los ingenieros de AIDIMME ya conocen este software y su estructura de código, lo que agiliza enormemente los tiempos de desarrollo, permitiendo centrar los esfuerzos en el desarrollo de las nuevas funcionalidades.

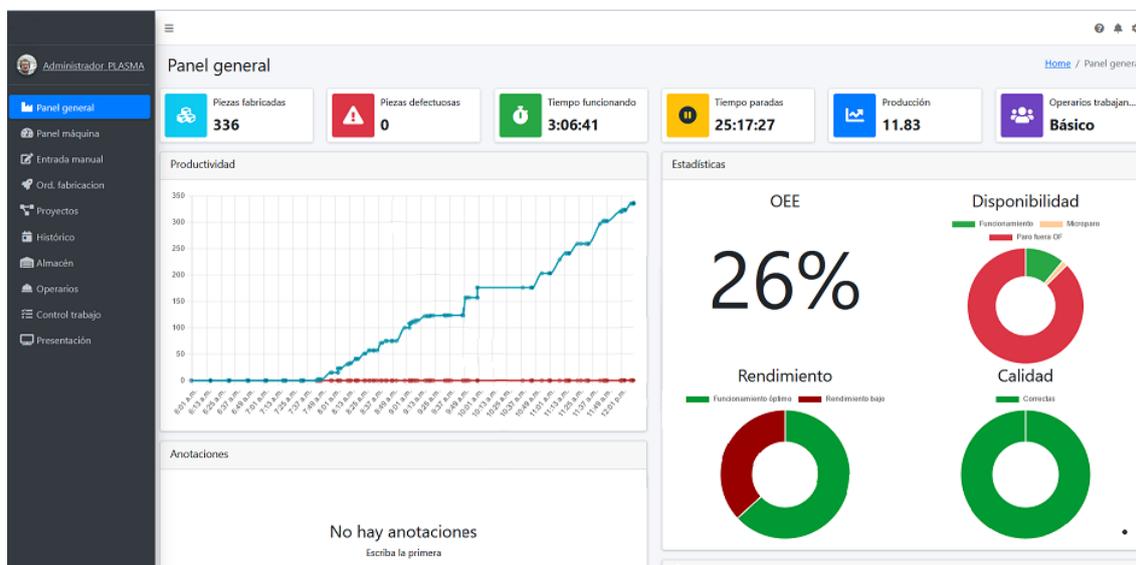


Ilustración 4 - Software PLASMA (Fuente:AIDIMME)

- 2. Software ya integrado en procesos productivos:** Otra razón significativa para la elección de este software es el hecho de que sea un sistema que ya está en producción en varias empresas, esto permite que el desarrollo de INDIA tenga un impacto directo e inmediato en los sistemas de fabricación, permitiendo la llegada de esta herramienta a sus usuarios finales de manera sencilla, directa permitiéndoles utilizar todas sus funcionalidades.
- 3. Dificultad de uso del software MES:** PLASMA está diseñado para mantener la interacción entre el usuario y el software lo más sencilla posible, utilizando un diseño atractivo con el que es fácil familiarizarse, sin embargo, algunos usuarios que no estén acostumbrados al trabajo con este tipo de interfaces puede tener que pasar por un periodo de adaptación para sacar provecho realmente a la

herramienta, la IA generativa se plantea como una adición que permita eliminar o al menos reducir significativamente estas barreras.

4. **Actualización en la dirección de la industria:** Varias empresas y softwares están incluyendo de manera muy importante la utilización de sistemas de IA generativa en sus herramientas empresariales, un ejemplo claro es Microsoft con Dynamics 365, una suite de software empresarial que incluye entre otros un MES. Microsoft ha incluido sus sistemas de IA generativa bajo el nombre de Copilot de forma que el usuario puede realizar todas las acciones de forma conversacional. No adaptarse a esta tendencia e incluir este tipo de herramientas en PLASMA puede significar una merma competitiva respecto de otros agentes en el mercado.

4.1 Desarrollo de la interfaz de usuario

Para que el usuario pueda comunicarse con el sistema de Inteligencia se ha desarrollado un módulo nuevo llamado “Asistente IA”, se puede acceder a este pulsando en su botón del menú lateral desplegable de PLASMA, tal como se puede ver en la Ilustración 5.

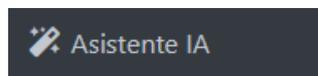


Ilustración 5 - Botón de acceso al nuevo módulo
(Fuente: Elaboración propia)

El frontend de la aplicación PLASMA está desarrollado con React, por lo que este módulo se ha desarrollado utilizando esta misma librería. La interfaz se trata de un chat en el que se lleva un histórico de las conversaciones, de esta forma el usuario puede elegir iniciar una nueva conversación o bien continuar alguna antigua, se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** una muestra de esta interfaz. En el centro, se muestra la conversación, en la parte inferior, el usuario dispone de una entrada de texto con la que interactuar y a la derecha se encuentra una lista de las conversaciones abiertas con INDIA.

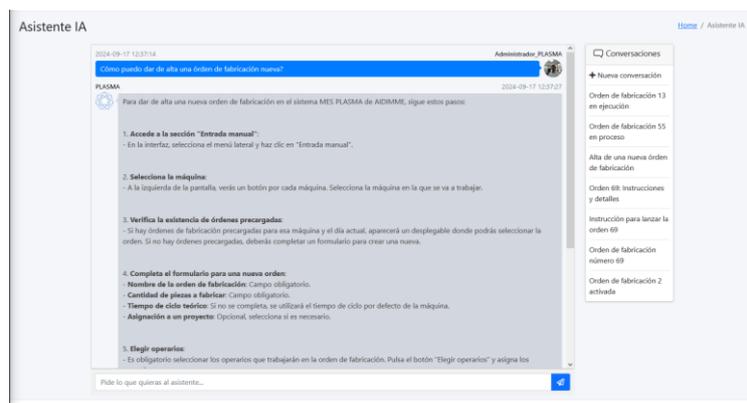


Ilustración 6 - Interfaz de Chat de INDIA

La interfaz de usuario está estructurada en 4 componentes que se disponen en forma de árbol, tal como se puede ver en el siguiente gráfico:

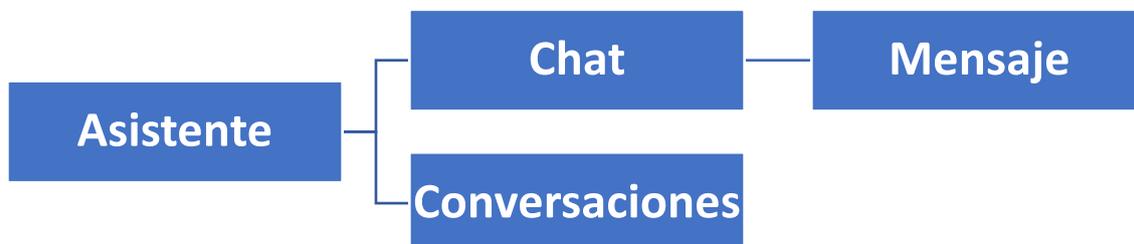


Ilustración 7 - Árbol de componentes de React (Fuente: Elaboración propia)

- **Asistente:** Actúa como componente padre y renderiza Chat y conversaciones, así como algunos elementos complementarios como el título de la sección o el espaciado de los componentes. Es también responsable de inicializar los sockets que se van a utilizar mediante hooks de efecto, por último, controla también algunas variables de estado que son compartidas entre el componente de Chat y el de Conversaciones.
- **Chat:** Renderiza la ventana de chat, contiene un hook de efecto que lanzará una petición al backend al inicializarse para obtener la conversación en la que se encuentra actualmente, en caso de ser una conversación nueva, mostrará un mensaje de bienvenida y una conversación, en caso de que se seleccione alguna conversación, se mostrarán los mensajes que componen a esta.
- **Mensaje:** Renderiza el mensaje de chat, así como la información del usuario que lo ha escrito. Su principal responsabilidad es renderizar el mensaje en el formato correcto, valiéndose de expresiones regulares para esto.
- **Conversaciones:** Muestra la lista de las conversaciones escritas con el chat, pulsar alguna cambiará la conversación actual, también contiene un botón de nueva conversación. Utiliza un efecto para obtener las conversaciones existentes del usuario

4.2 Conexión con el modelo de IA Generativa

Para el proyecto INDIA se ha decidido utilizar como proveedor de IA Generativa a OpenAI debido a su popularidad y la facilidad de acceso a su API y a su documentación. En este caso, para comenzar a funcionar, es necesario registrarse en la aplicación y cargar en la cuenta cierta cantidad de dinero, Openai utilizará este saldo para cobrar el uso de los modelos. El precio se calcula dependiendo de 3 factores:

- **Modelo utilizado:** OpenAI dispone de varios modelos con una capacidad y orientación distinta, para el proyecto se han utilizado 2 modelos GPT-4o y GPT-4o mini.
- **Tokens de entrada:** En el contexto de la inteligencia artificial generativa, un token es una unidad básica de texto que un modelo de lenguaje procesa para generar o interpretar información. Los tokens pueden representar palabras completas, partes de palabras, signos de puntuación o caracteres, dependiendo del idioma y del modelo. El texto que se ingresa en un modelo de IA generativa, como GPT, se descompone en tokens para que

el modelo lo procese y produzca la salida deseada.

Openai facturará un precio por cada token de entrada, es decir por cuán largo es el prompt que se le al modelo para que procese.

- **Tokens de salida:** Al igual que en el caso de los tokens de entrada, OpenAI calculará un precio por cada token de salida que tenga que calcular, es decir, de cuán larga sea la respuesta.

Se muestra en la Ilustración 8 el listado de precios para los modelos utilizados:

Model	Pricing
gpt-4o	\$5.00 / 1M input tokens
	\$15.00 / 1M output tokens
gpt-4o-mini	\$0.150 / 1M input tokens
	\$0.600 / 1M output tokens

Ilustración 8 - Precios por token de OpenAI (Fuente: OpenAI)

4.2.1 Asistentes desarrollados

En la API de OpenAI, un asistente se refiere a una instancia interactiva de un modelo de lenguaje que se puede personalizar y utilizar para casos específicos de interacción continua, como chatbots, asistentes virtuales o interfaces conversacionales en aplicaciones. Un asistente es una implementación práctica de un modelo de lenguaje que se ajusta a las necesidades de un usuario o aplicación a lo largo de múltiples interacciones.

Para el proyecto INDIA, se han creado 2 asistentes el primero, llamado "Titulizador", es el asistente más simple, su objetivo es únicamente asignar el título a una conversación basándose en el primer mensaje. Para crearlo basta con darlo de alta y otorgarle las siguientes instrucciones personalizadas:

Tu objetivo es poner un título de como mucho 7 palabras a una conversación basándote en el primer mensaje. Recibirás un mensaje escrito por un humano a un asistente y tienes que devolver únicamente un título para esta conversación. Por ejemplo:

Mensaje: "Haz una lista de los mejores lugares para visitar como turista en España, no ciudades sino lugares concretos, dentro o fuera de las ciudades"

Respuesta correcta: "Mejores lugares para visitar en España"

De esta forma, cada vez que Titulizador reciba un mensaje, este devolverá un título, se puede ver un ejemplo de ejecución en la Ilustración 9. Titulizador utiliza el modelo GPT-4o mini

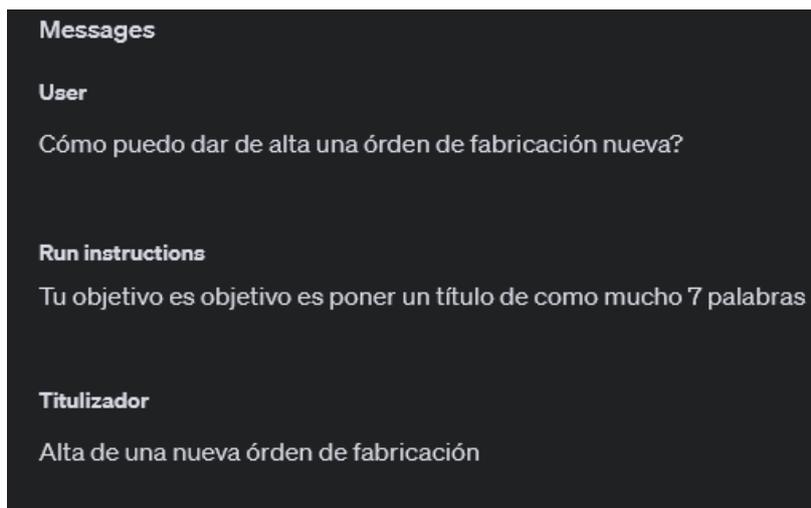


Ilustración 9 - Ejemplo de ejecución de titulizador (Fuente: elaboración propia)

Por otra parte, el segundo asistente es mucho más complejo, este se llama “Controlador MES”, su objetivo es ser un experto en el funcionamiento de la aplicación PLASMA de forma que pueda responder cualquier duda que el usuario pueda tener sobre el funcionamiento de la aplicación. Para obtener esta capacidad, Controlador MES recibe unas instrucciones personalizadas mucho más largas se muestra a continuación el comienzo de estas:

Eres un asistente virtual experto en la utilización de un Manufacturing Execution System (MES) llamado PLASMA y desarrollado por AIDIMME. Tu labor es contestar todas las dudas que el usuario pueda proporcionar sobre la utilización de la aplicación. La interfaz de la aplicación consta de un menú lateral que permite acceder a las distintas secciones...

A continuación, las instrucciones personalizadas explican el funcionamiento pormenorizado de la aplicación, estas instrucciones ocupan unas 10 páginas DIN-A4.

Otra capacidad que tiene Controlador MES es realizar acciones sobre el software PLASMA de forma que el sistema pueda ser controlado de forma conversacional. Esto se ha conseguido mediante la funcionalidad de ejecución de funciones de OpenAI. Esta funcionalidad permite pasar al asistente la descripción de un conjunto de funciones que tiene a su disposición para ejecutar, este decidirá autónomamente si es necesario ejecutar alguna y en dicho caso cuál. A continuación, se muestra como ejemplo la descripción que posee Controlador MES de la función “start_of” que permite lanzar una

orden de fabricación:

```
{
  "name": "start_of",
  "description": "Inicia una orden de fabricación, siempre que esté precargada",
  "strict": true,
  "parameters": {
    "type": "object",
    "properties": {
      "of": {
        "type": "string",
        "description": "Orden de fabricación a iniciar"
      }
    },
    "additionalProperties": false,
    "required": [
      "of"
    ]
  }
}
```

Ilustración 10 - Descripción de la función para iniciar OF (Fuente: Elaboración propia)

El modo de funcionamiento de esta funcionalidad es el siguiente:

1. El usuario escribe un mensaje en el chat y este se envía al modelo.
2. El modelo decidirá si para ese mensaje es necesario ejecutar alguna función, en caso negativo simplemente devolverá una respuesta y terminará.
3. En caso afirmativo, cambiará su estado a “action required” e indicará qué función quiere ejecutar y con qué parámetros.
4. PLASMA recibirá esta información y ejecutará la función requerida.
5. Al terminar, devolverá el resultado de ejecución a OpenAI.
6. OpenAI devolverá la respuesta al usuario que se mostrará en el chat.

Este flujo de ejecución se puede ver en la siguiente infografía que proporciona OpenAI en su documentación:

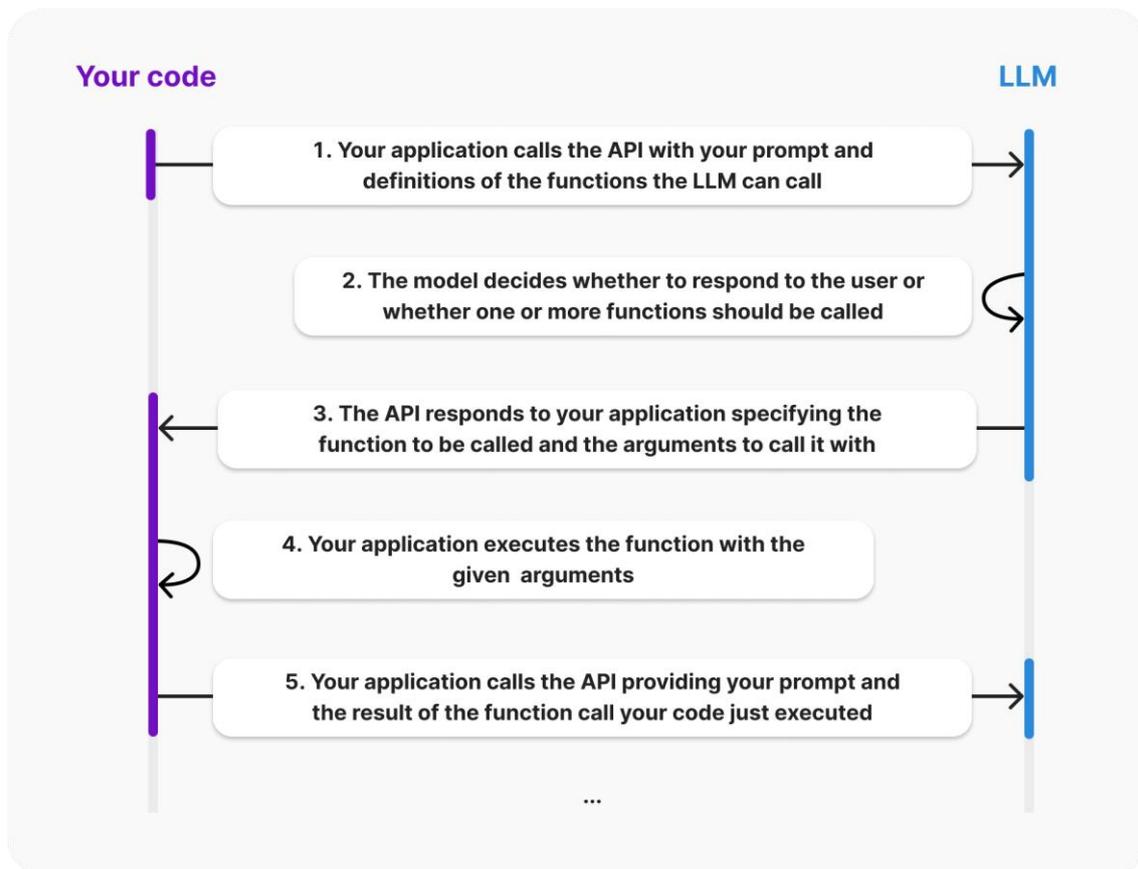


Ilustración 11 - Flujo de ejecución de las llamadas a funciones de OpenAI (Fuente: OpenAI)

4.2.2 Endpoints de la API

La API de OpenAI dispone de distintos endpoints, su uso conjunto permite ejecutar las funciones necesarias para el desarrollo de INDIA, se muestran a continuación los más relevantes:

- **Asistentes:** Permite crear, consultar, modificar y borrar asistentes. En el proyecto INDIA los dos asistentes Titulizador y Controlador MES han sido creados mediante el Dashboard de la interfaz de usuario de OpenAI por lo que este endpoint no se utilizará.
- **Threads:** Los hilos (threads) son cada una de las conversaciones que se ejecuta con la API, cada thread contendrá mensajes. Este endpoint permite crear, consultar, modificar y eliminar hilos.
- **Mensajes:** Representa cada uno de los mensajes que está incluido en un hilo, los mensajes pueden ser preguntas del usuario o respuestas del modelo. Al igual que las anteriores, permite crear, consultar, modificar y eliminar mensajes.
- **Runs:** Las ejecuciones (Run) permiten ejecutar un asistente sobre un hilo que contiene mensajes. Cuando se crea una run sobre un hilo, OpenAI solicitará la ejecución por lo que la run pasará a estado queued (en cola), una vez esta run

comience su ejecución, el estado pasará a `in_progres` (en progreso), en caso de que el modelo decida ejecutar alguna función, la `run` pasará a estado `requires_action`, una vez terminada la ejecución se encontrará en estado `completed` (completado). Otros posibles estados son `cancelling` (cancelando), `cancelled` (cancelada), `incomplete` (incompleta) o `expired` (expirada).

En caso de que se ejecute una función, la `run` informará de qué función quiere ejecutar y con qué parámetros mediante la propiedad `required_action`.

El endpoint de `Runs` permite crear ejecución, crear `thread` y ejecutar, consultar las `runs`, modificar una `run`, proporcionar el `output` de la ejecución de una función o cancelar una `run`.

4.3 Desarrollo del backend

En el proyecto INDIA, el backend es el punto que actúa como intermediario entre la interacción del usuario en el frontend y el LLM a través de la API de ChatGPT. PLASMA tiene desarrollado el Backend en PHP utilizando el Framework Laravel, por tanto esta es la tecnología que se debe utilizar en el proyecto INDIA. Se muestra en la siguiente imagen un esquema de funcionamiento e integración de estas tecnologías.

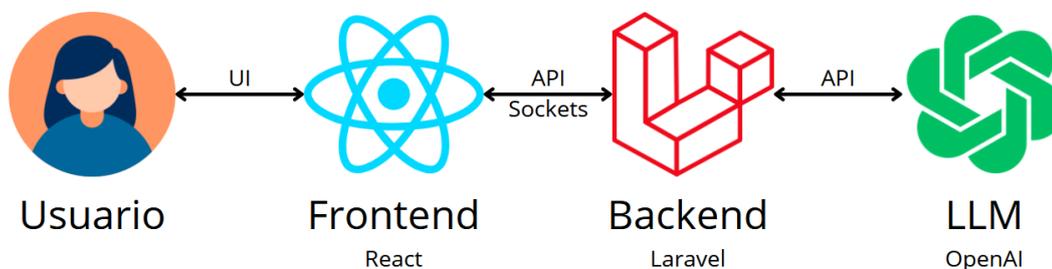


Ilustración 12 - Integración de las tecnologías en el proyecto INDIA (Fuente: Elaboración propia)

El desarrollo del Backend requiere de la creación de dos nuevos modelos de Laravel: `ia_conversacion` e `ia_mensaje`, ya que la base de datos de la aplicación mantendrá una copia de las conversaciones mantenidas, este diseño cumple una doble función:

1. Limita el uso de la API de OpenAI y lo sustituye por un almacenamiento local. Esto agiliza enormemente la velocidad en la que se pueden obtener las conversaciones y ofrecer resultados al usuario.
2. Permite controlar ciertas variables adicionales que la API de OpenAI no controla como quién es el dueño de una conversación.

Por otro lado, el punto negativo de este diseño es que se requiere un uso adicional de

espacio en la base de datos de PLASMA.

Una vez creados los modelos se creó un controlador nuevo Asistente Controller para lidiar con toda la gestión de las peticiones desde el frontend, este controlador cuenta con las siguientes funciones:

- **getConversacion:** Dado el id de una conversación, devuelve todos los mensajes asociados a esa conversación en orden de registro.
- **getConversaciones:** Devuelve una lista de todas las conversaciones que pertenezcan al usuario que está logueado.
- **enviarMensaje:** Esta función se ejecuta cuando un usuario desea enviar un mensaje al LLM, lo primero que hará es comprobar si se trata de una conversación nueva o una ya existente, en caso de ser nueva, mandará una petición a la API para crear un Thread nuevo, acto seguido, encolará un job para poner título a la conversación. En caso contrario, obtendrá de la base de datos el id del thread de openai al que se corresponde la conversación.

A continuación realizará una nueva petición a OpenAI para incluir el mensaje en el thread correspondiente, al igual que se guardará una copia del mensaje en la base de datos local. Por último, si todo ha salido correctamente, se encolará un job de laravel para obtener la respuesta de OpenAI.

4.4 Gestión de eventos asíncronos

Cuando OpenAI recibe una petición de ejecutar una run, esta tardará un tiempo indeterminado en ejecutarla, ya que este dependerá de múltiples factores como la cantidad de solicitudes que esté recibiendo la API en cierto momento, el tamaño del mensaje de entrada, el tamaño del mensaje de salida, si es necesario ejecutar alguna función, etc. Debido a esta situación y al funcionamiento del protocolo HTTP, no es posible que AsistenteController reciba, gestione, espere el resultado y devuelva la respuesta a la petición, ya que provocaría, a excepción quizás de las consultas más simples, un HTTP timeout.

Para solventar este problema, es necesario que el controller, simplemente reciba la petición, de el alta al thread y al mensaje, deje un proceso que funcione en segundo plano de ejecución del backend y termine. La funcionalidad que permite ejecutar procesos en segundo plano en Laravel requiere 3 elementos, los Jobs (trabajos), los workers (trabajadores) y las queues (colas de ejecución). La siguiente infografía muestra un esquema del funcionamiento conjunto de estos elementos:

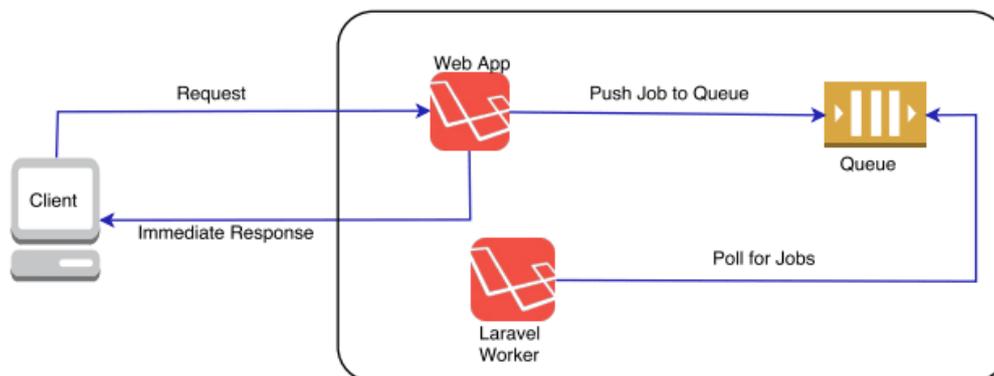


Ilustración 13 - Esquema de funcionamiento de los jobs, workers y queues (Fuente: DevCommunity)

Lo elementos son los siguientes:

- **Job:** Es un código que está preparado para ejecutarse en segundo plano.
- **Queue:** Es una tabla de almacenamiento que gestiona el orden de ejecución de los jobs, guarda un registro de qué Jobs se han de ejecutar.
- **Worker:** Es un proceso en segundo plano en el servidor que ejecuta los Jobs.

Para el proyecto INDIA se han creado 2 jobs que se desarrollan en las siguientes secciones.

4.4.1 PonerTituloAConversacion:

Su función es asignar un nombre a las nuevas conversaciones, para esto, creará un nuevo thread en el que incluye el mensaje del usuario y acto seguido creará una run que ejecutará el asistente Titulizador sobre el hilo. Acto seguido entrará en un bucle de monitorización del estado de la ejecución en el que mandará una petición cada segundo mientras la run se encuentre en estado `queued` o `in_progress`.

Cuando la run llegue al final de la ejecución, si llega al estado `completed`, leerá el último mensaje del thread mediante otra petición a la API, modificará el título de la conversación en la base de datos y utilizará un broadcast en un socket para enviar el nuevo título al frontend, el componente Asistente de React está escuchando este socket por lo que al lanzar la petición, actualizará en tiempo real el título que está mostrando al usuario.

Para gestionar los sockets se utiliza la herramienta Pusher. Esta herramienta es gratuita para un volumen de tráfico diario limitado que excede enormemente las necesidades del proyecto. Sin embargo, una implantación masiva de INDIA en muchas empresas sí

requeriría un pago por uso de esta herramienta, aunque este es muy limitado.



Ilustración 14 - Logo de Pusher (Fuente: Wikimedia)

4.4.2 GetOpenAIResponse

Este segundo job es similar en funcionamiento al anterior con una diferencia clave, es capaz de gestionar la solicitud de ejecución de funciones. Al igual que PonerTituloAConversacion, ejecutará una run sobre el thread pertinente y monitorizará su estado, sin embargo, en este caso, el bucle de monitorización se mantendrá siempre y cuando esté en los estados `queued`, `in_progress` o `requires_action`, en el caso de los dos primeros simplemente esperará, mientras que si se encontrara en `requires_action`, consultará la propiedad `required_action` de la respuesta, aquí encontrará la acción que hay que ejecutar. `GetOpenAIResponse` entonces utilizará un `switch-case` para realizar una llamada a la función que haya solicitado OpenAI. En este caso obtendrá el resultado de la ejecución de la función y este se enviará directamente a OpenAI como respuesta.

Igual que en el caso anterior, la metodología que se utiliza para indicar que se ha terminado la ejecución y se comunicar el resultado al frontend es la emisión a través de un socket, permitiendo al frontend renderizar en tiempo real la respuesta ofrecida por el modelo de lenguaje tan pronto como sea posible. Al igual que en el caso anterior, la herramienta que se utiliza para gestionar los sockets es Pusher.

5. Pruebas en entorno industrial

A efectos demostrativos, se muestran a continuación interacciones reales con INDIA en un sistema en un entorno de industrial. Tal como se ha informado anteriormente, el proyecto INDIA consigue un asistente integrado experto que permite principalmente 2 funcionalidades: resolver cualquier duda relativa a la aplicación y ejecutar acciones sobre ella.

En el primer ejemplo se pide a INDIA que resuelva una duda respecto de la aplicación, en particular, se pregunta cómo consultar el OEE de una máquina en concreto la Ilustración 15 muestra el resultado.

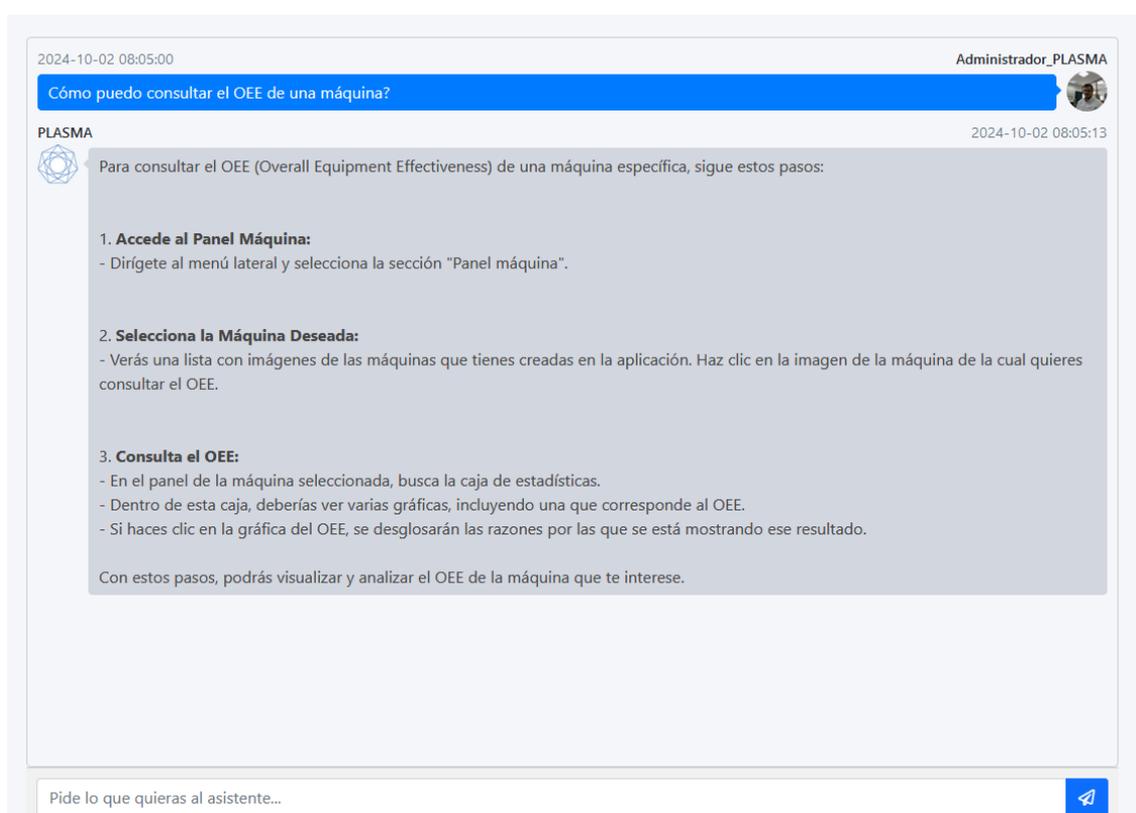


Ilustración 15 - Ejemplo de consulta en INDIA (Fuente: Elaboración propia)

Por otra parte, es posible pedir a INDIA que ejecute acciones sobre PLASMA, en el siguiente ejemplo se puede ver cómo se le pide que inicie una orden de fabricación esta acción tiene una casuística compleja, pero INDIA es capaz de resolverla sin problema, en el primer intento se solicita el lanzamiento de una orden que no está cargada en el sistema, por lo que no se puede lanzar de manera automática, habría que realizarlo de manera manual, INDIA informa correctamente de esta situación y además informa de los pasos a seguir para realizar el lanzamiento manual. Acto seguido, se le pide lanzar alguna que sí está precargada e INDIA actúa correctamente, en el apartado de Entrada Manual, se puede comprobar que efectivamente se ha lanzado la orden, todo esto se

realiza utilizando un lenguaje natural e incorporando palabras que no aportan al objetivo de la interacción como “Buenos días” o “Disculpa”. La imagen muestra esta interacción.

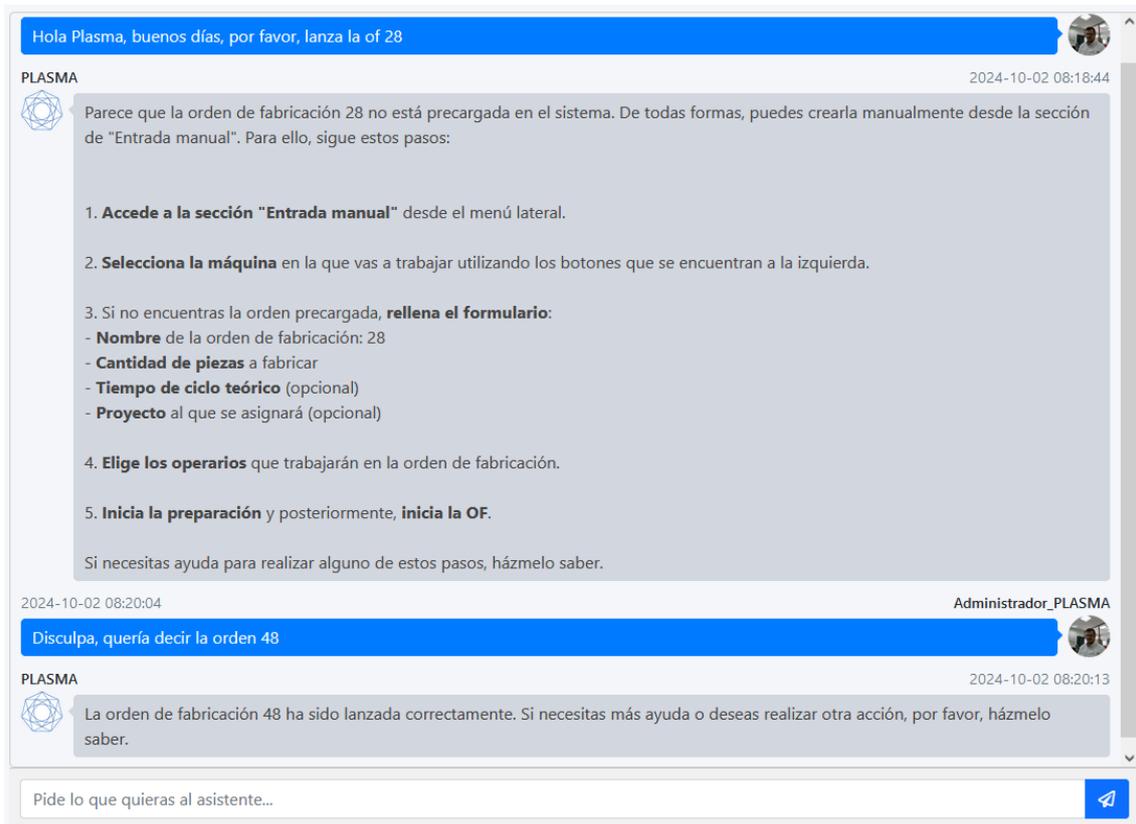


Ilustración 16 - Ejemplo de ejecución de acción en INDIA (Fuente: Elaboración propia)

6. Conclusiones y trabajo futuro

Tras el desarrollo del proyecto, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- 1. Facilitación de la adopción de IA en entornos industriales:** El proyecto INDIA ha demostrado que la inteligencia artificial generativa puede integrarse de manera efectiva en sistemas de manufactura, reduciendo las barreras de entrada tecnológicas. La integración del asistente virtual en el sistema MES ha permitido una interacción más fluida y natural entre el operario y la maquinaria, lo que simplifica el uso de la tecnología en entornos industriales.
- 2. Aumento de la productividad:** La implementación del asistente IA permite mejorar la productividad general de las empresas al optimizar la ejecución de tareas y reducir el tiempo requerido para que los trabajadores comprendan y operen el sistema MES. La capacidad del asistente para automatizar procesos y resolver dudas en tiempo real minimiza los errores y mejorado la eficiencia operativa.
- 3. Reducción del tiempo de formación del personal:** Al ofrecer una interfaz conversacional sencilla y eficiente, INDIA ha reducido significativamente el tiempo de formación necesario para que los operarios puedan dominar el uso del sistema MES. Esto ha sido particularmente útil en entornos donde el personal no cuenta con formación previa en el manejo de software avanzado.

Los resultados obtenidos sugieren que la inteligencia artificial generativa puede seguir desempeñando un papel clave en la transformación digital del sector manufacturero. Existen múltiples posibilidades de expansión, incluyendo la automatización de procesos más complejos y la incorporación de análisis predictivos, lo que puede llevar a mejoras continuas en la eficiencia y calidad de los procesos productivos. De esta forma, se proponen las siguientes líneas de trabajo futuro:

- 1. Integración con voz:** El siguiente paso natural para la evolución del proyecto INDIA es integrar la tecnología de reconocimiento y síntesis de voz. Esto permitiría que los usuarios interactuaran con el sistema de manera completamente manos libres, lo que sería especialmente beneficioso en entornos industriales donde los operarios a menudo tienen que realizar múltiples tareas físicas.
- 2. Privacidad de datos:** Actualmente, cuando se solicita a INDIA que ejecute alguna función, tras el cálculo enviará los resultados a OpenAI para que el modelo realice

lo que estime conveniente con ellos y muestre una respuesta al usuario. Aunque OpenAI garantiza la protección de datos y la privacidad, algunos gerentes podrían no encontrar apropiado compartir datos confidenciales de producción con una empresa externa. Es por esto que se podría plantear un modelo que redujera el envío de datos a OpenAI a su expresión mínima y lo compense con un mayor procesamiento en la parte del backend.

3. **Reducción del tiempo entre pregunta y respuesta:** Optimizar los tiempos de procesamiento para reducir la latencia entre la entrada del usuario y la respuesta generada por el sistema es una prioridad. Algunos sistemas como por ejemplo OpenAI permiten sistemas de streaming que permiten una consulta parcial del resultado, de forma que el usuario no tenga que esperar a la respuesta completa, sino que pueda recibir la respuesta a medida que se va calculando, reduciendo así la frustración por la espera.

7. Referencias bibliográficas

Anthropic. (2024). *Claude API Docs*. Obtenido de <https://docs.anthropic.com/en/api/getting-started>

Anyoha, R. (28 de Agosto de 2017). The History of Artificial Intelligence. *Harvard university, Science in the news*. Obtenido de <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/>

Athanasopoulou, K., Daneva, G., Adamopoulos, P., & Scorilas, A. (2022). Artificial Intelligence: The Milestone in Modern . *BioMedInformatics*, 729-730.

Bishop, C. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer.

Christian, B. (2020). *The alignment problem*. WW Norton & Company.

Google. (2024). *Google Gemini Docs*. Obtenido de <https://ai.google.dev/gemini-api/docs>

Google Inc. (2024). *Learn about Generative AI*. Obtenido de <https://support.google.com/a/users/answer/13954172?hl=en#zippy=%2Chow-machine-learning-models-are-trained%2Chow-large-language-models-power-generative-ai>

Gordon, R. (3 de Marzo de 2023). Large language models are biased. Can logic help save them? *MIT News*. Obtenido de <https://news.mit.edu/2023/large-language-models-are-biased-can-logic-help-save-them-0303>

Gupta, S. (10 de Octubre de 2023). Underrepresented groups in countries around the world are worried about AI being a threat to jobs. *FastCompany*. Obtenido de <https://www.fastcompany.com/90975180/ai-threat-jobs-fears-survey-seven-countries-job-seekers-hr>

OpenAI. (2024). *OpenAI API Docs*. Obtenido de <https://platform.openai.com/docs/>

Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence A Modern Approach*. Pearson.

SAP. (s.f.). *What is a manufacturing execution system (MES)?* Obtenido de <https://www.sap.com/products/scm/execution-mes/what-is-mes.html>

Smith, C., Mc Guire, B., Huang, T., & Yang, G. (2006). The history of Artificial Intelligence. *University of Washington*. Obtenido de <https://courses.cs.washington.edu/courses/csep590/06au/projects/history-ai.pdf>

AIDIMME

INSTITUTO TECNOLÓGICO

Domicilio fiscal —

C/ Benjamín Franklin 13. (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 366 070 | Fax 961 366 185

Domicilio social —

Leonardo Da Vinci, 38 (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 318 559 - Fax 960 915 446

aidimme@aidimme.es

www.aidimme.es