**2. Estado del arte.**

**2.1. Inteligencia artificial aplicada al eCommerce.**

**2.1.1 Definición y evolución de la IA en el comercio electrónico.**

La inteligencia artificial (IA) ha experimentado un crecimiento acelerado en el comercio electrónico, transformándose desde herramientas básicas de automatización hasta sistemas avanzados de personalización.

Inicialmente, la IA se aplicaba en la gestión de inventarios y en la automatización de tareas repetitivas, lo que mejoraba la eficiencia operativa. Con el desarrollo de algoritmos de aprendizaje profundo y el incremento de datos disponibles, se han implementado sistemas de recomendación, análisis predictivo, chatbots y asistentes virtuales.

Estos avances buscan ofrecer experiencias de usuario personalizadas y optimizar estrategias de marketing, lo que incrementa la competitividad en un mercado digital en constante cambio.

**2.1.2. Aplicaciones clave de la IA en el eCommerce.**

* **Chatbots y asistentes virtuales:** Utilizando técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP), los chatbots responden de forma automatizada y personalizada a las consultas de los usuarios. A través del aprendizaje continuo de interacciones previas, estos sistemas mejoran la precisión de sus respuestas y predicen necesidades de los clientes. Por ejemplo, el chatbot de H&M sugiere productos basándose en la selección del usuario, optimizando el proceso de compra y reduciendo la carga de trabajo en atención al cliente.
* **Análisis de sentimientos:** Permite a las empresas analizar grandes volúmenes de opiniones y comentarios para identificar tendencias y posibles problemas emergentes. Mediante técnicas de NLP, se pueden analizar datos de reseñas y redes sociales, ajustando en tiempo real estrategias de marketing. El uso de este análisis es clave en plataformas como eBay, que ajusta sus recomendaciones y campañas de marketing basadas en las percepciones de los usuarios.
* **Sistemas de recomendación:** Emplean algoritmos de aprendizaje profundo y filtrado colaborativo para personalizar la experiencia de compra sugiriendo productos relevantes. En plataformas como Amazon, los sistemas de recomendación analizan tanto el comportamiento de los usuarios como las características de los productos, incrementando la probabilidad de compra y mejorando la fidelización.

**2.2. Sistemas de recomendación en eCommerce.**

Los sistemas de recomendación son herramientas que ayudan a los usuarios a descubrir productos, servicios o información que puedan ser de su interés. Estos sistemas son ampliamente utilizados en plataformas como Netflix, Amazon, Spotify, entre otros, para personalizar la experiencia del usuario.

**2.2.2 Filtrado colaborativo: Definición y concepto teórico.**

El filtrado colaborativo es una técnica de recomendación que se basa en las interacciones y preferencias de múltiples usuarios para predecir y recomendar elementos que podrían ser de interés para un usuario específico. A diferencia de otros enfoques, como el filtrado basado en contenido, el filtrado colaborativo no requiere información explícita sobre los atributos de los ítems, sino que se apoya en las relaciones entre usuarios e ítems.

El fundamento del filtrado colaborativo es que si un grupo de usuarios ha mostrado preferencias similares en el pasado, es probable que tengan preferencias similares en el futuro. De esta manera, las recomendaciones se generan a partir de las similitudes entre usuarios o entre ítems.

**2.2.3 Tipos de filtrado colaborativo:**

* **Filtrado colaborativo basado en vecinos**

1. **Basado en Usuarios (User-Based):**

Se centra en encontrar usuarios similares al usuario objetivo y recomendar ítems que estos usuarios hayan valorado positivamente.

Utiliza métricas como la similitud del coseno, correlación de Pearson o distancia euclidiana para medir la similitud entre usuarios**.**

Identifica los k usuarios más similares al usuario objetivo.

Agrega las preferencias de los vecinos para recomendar ítems no vistos por el usuario objetivo.

Por ejemplo si el usuario A y el usuario B han calificado positivamente una serie de películas similares se podría recomendar al usuario A una película que el usuario B ha calificado altamente pero que el usuario A aún no ha visto.

1. **Basado en items (Item-Based):**

En lugar de buscar usuarios similares, este método busca ítems similares a aquellos que el usuario ha mostrado interés.

Se utilizan métricas similares a las del enfoque basado en usuarios para medir la similitud entre ítems recomendando ítems que son similares a los que el usuario ha valorado positivamente.

Por ejemplo, si un usuario ha disfrutado de una película como “El señor de los anillos", el sistema puede recomendar otras películas de ciencia ficción con temáticas similares como la serie “Juego de tronos”.

**2.2.4 Filtrado colaborativo basado en modelos.**

Este enfoque utiliza técnicas de aprendizaje automático y modelado estadístico para aprender patrones a partir de los datos de interacción.

1. **Factores de matriz (Matrix factorization)**

La factorización de matrices se origina en los modelos de factores latentes, los cuales postulan la existencia de variables ocultas que caracterizan tanto a los usuarios como a los productos. Por ejemplo, es posible representar películas mediante dos factores numéricos: una dimensión que oscila entre comedia y seriedad, y otra entre realidad y fantasía.

En la primera dimensión, un valor elevado indica una película más seria, mientras que un valor bajo sugiere una mayor inclinación hacia la comedia. De manera análoga, en la segunda dimensión, un valor alto refleja una mayor tendencia hacia la fantasía, y un valor bajo denota un apego a la realidad. Estos factores latentes también se aplican a los usuarios; por ejemplo, un usuario con un valor alto en la primera dimensión preferirá películas serias, y uno con un valor alto en la segunda dimensión mostrará predilección por películas de fantasía.

Con esta representación, tanto usuarios como películas pueden modelarse mediante vectores. Un usuario que disfruta significativamente de películas serias y de fantasía podría ser representado por el vector:

Por otro lado, un usuario que prefiere comedias y es indiferente entre fantasía y realidad podría ser descrito por:

Del mismo modo, podemos asignar vectores a dos películas específicas: una película seria y de fantasía como *El Señor de los Anillos*, y una comedia realista como *Mean Girls*. Sus vectores serían:

Para modelar las calificaciones que cada usuario otorgaría a cada película, se utiliza la combinación lineal de los vectores de usuarios y películas. Por ejemplo, la calificación que el usuario daría a la película se calcula mediante el producto punto: Si se hace esto para todos los usuarios y películas, se tiene el siguiente sistema lineal:

donde

Y

te modelo refleja que el usuario , quien prefiere películas serias y de fantasía, otorga una calificación más alta a *El Señor de los Anillos* que a *Mean Girls*. Contrariamente, el usuarioaficionado a las comedias, muestra la preferencia opuesta.

En la práctica, los valores de las matrices son desconocidos; únicamente disponemos de ciertas entradas de la matriz . El desafío consiste en estimar de manera precisa las matrices .

Este problema es una instancia de la descomposición en valores singulares (SVD), con la peculiaridad de que no se tienen todas las entradas de la matriz , sino solo una pequeña proporción de ellas.

El objetivo es, entonces, encontrar matrices de rango K que satisfagan la aproximación . De este modo, la calificación estimada que el usuario asigna al artículo se expresa como:

Para evaluar la proximidad entre el producto de matrices y, se utilizan diferentes funciones de pérdida.

Una métrica común es la raíz del error cuadrático medio (RMSE), calculada como:

donde es la calificación real del usuario al artículo , es el conjunto de pares ( para los cuales se conoce es el número total de calificaciones.

En esencia, el RMSE representa la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de las diferencias entre las calificaciones estimadas y las reales.

Otra métrica frecuentemente utilizada es el error absoluto medio (MAE), definido por:

El RMSE suele ser preferible en contextos donde los errores de predicción pequeños no son significativos, ya que penaliza de manera más severa los errores grandes en comparación con el MAE.

Para minimizar el RMSE, el problema se plantea como:

donde λ es un parámetro de regularización que ayuda a prevenir el sobreajuste al penalizar la complejidad de los vectores de usuarios y productos.

**2.3. Limitaciones y desafíos actuales.**

* **Escalabilidad:** La necesidad de procesar datos en tiempo real requiere infraestructuras robustas y algoritmos optimizados. Grandes plataformas, como Alibaba, han implementado arquitecturas de microservicios y procesamiento distribuido para gestionar eficientemente las recomendaciones.
* **Escasez de datos (Sparsity):** En situaciones con pocos datos de interacción, el rendimiento del sistema de recomendaciones disminuye. Este desafío afecta especialmente a nuevos productos o usuarios. La "cold start" es abordada en plataformas como Spotify con métodos de inferencia de preferencias mediante encuestas o análisis de comportamiento inicial.
* **Sesgos y desafíos éticos:** Los sistemas de recomendación pueden perpetuar sesgos en los datos históricos, afectando la equidad de las recomendaciones. Para mitigar estos efectos, empresas como Google emplean auditorías de IA y algoritmos ajustados para promover la equidad en sus sistemas de recomendación.

**2.4. Casos de uso en grandes plataformas de eCommerce.**

* Amazon

Amazon utiliza una combinación avanzada de algoritmos de recomendación y análisis de datos para personalizar la experiencia de compra de sus usuarios. Entre sus tecnologías y características principales se destacan:

* + Sistemas de recomendación: Mediante el uso de IA, Amazon sugiere productos basándose en el historial de compras y navegación del usuario. Las recomendaciones abarcan categorías como "Productos relacionados", "Los clientes que compraron esto también compraron" y "Recomendaciones personalizadas".
  + Análisis predictivo: Amazon predice la demanda de productos utilizando análisis predictivo para optimizar su inventario, lo que permite una gestión eficiente de stock y tiempos de entrega.
  + Chatbots y asistentes virtuales: Alexa, el asistente de voz de Amazon, permite a los usuarios realizar compras mediante comandos de voz, mejorando la accesibilidad y facilidad de compra.
  + Optimización de precios: Amazon ajusta sus precios en tiempo real a través de algoritmos de IA que maximizan la competitividad y las ventas, adaptándose a las fluctuaciones del mercado.

Gracias a estas tecnologías, Amazon ofrece una experiencia personalizada, permitiendo a los usuarios encontrar productos de interés con mayor rapidez, lo cual incrementa la probabilidad de compra y la satisfacción del cliente. Las estrategias de recomendación y optimización de precios han demostrado ser efectivas en el aumento de las ventas y en la retención de clientes.

* Netflix

Netflix implementa sistemas de recomendación avanzados que identifican y sugieren contenido relevante para cada usuario. Este sistema se basa en:

* + Algoritmos de recomendación: Netflix utiliza algoritmos de aprendizaje automático para sugerir películas y series, tomando en cuenta el historial de visualización y preferencias previas de cada usuario.
  + Perfilado de usuarios: La plataforma construye perfiles detallados que permiten entender mejor los gustos de los usuarios y adaptar las recomendaciones en consecuencia.
  + Pruebas A/B: Netflix realiza constantes pruebas A/B para evaluar y optimizar tanto la interfaz de usuario como las recomendaciones, asegurando que la experiencia del usuario sea intuitiva y atractiva.

Las recomendaciones personalizadas de Netflix ayudan a retener a los usuarios en la plataforma, promoviendo el consumo de contenido y aumentando el tiempo de visualización. Este sistema mejora notablemente la satisfacción del usuario al proporcionar contenido relevante y atractivo.

* Spotify

Spotify utiliza inteligencia artificial para generar recomendaciones musicales personalizadas, facilitando el descubrimiento de nueva música:

* + Algoritmos de recomendación: Las playlists personalizadas como "Discover Weekly" y "Daily Mix" son producto de algoritmos que analizan el historial de escucha del usuario y adaptan las recomendaciones en función de sus preferencias (Spotify's Recommendation System).
  + Análisis de datos: Spotify analiza grandes cantidades de datos de escucha para identificar patrones y tendencias musicales, mejorando la relevancia de sus recomendaciones (Spotify Data Analysis).
  + Filtrado colaborativo: Utilizando técnicas de filtrado colaborativo, Spotify recomienda canciones que otros usuarios con gustos similares han escuchado, fomentando la exploración musical (Spotify's Recommendation System).

Las recomendaciones personalizadas en Spotify mejoran la experiencia de los usuarios, quienes descubren música nueva acorde a sus gustos, lo cual incrementa su fidelidad a la plataforma. Este sistema también aumenta el tiempo de permanencia de los usuarios en la plataforma (Spotify Data Analysis).

* Alibaba

Alibaba emplea inteligencia artificial para optimizar la experiencia de compra y potenciar las ventas mediante:

* + Recomendaciones personalizadas: Alibaba utiliza IA para recomendar productos a sus usuarios, basándose en el comportamiento de compra y navegación, lo que mejora la relevancia de las sugerencias
  + Asistentes virtuales: Tmall Genie, un asistente virtual de Alibaba, ayuda a los usuarios en sus compras, proporcionando una experiencia interactiva y eficiente.
  + Análisis de sentimiento: Alibaba analiza reseñas y opiniones para comprender mejor la percepción de los usuarios sobre los productos, lo cual permite ajustes en la oferta y la mejora de servicios...

Las recomendaciones personalizadas de Alibaba han demostrado incrementar las ventas de la plataforma y mejorar la satisfacción del cliente. El uso de asistentes virtuales y análisis de sentimiento optimiza la calidad del servicio, ofreciendo una experiencia de compra más satisfactoria y enfocada en las necesidades de los clientes.

**2.5. Conclusiones generales.**

El estado actual de la inteligencia artificial en el eCommerce muestra una evolución continua hacia sistemas más avanzados y personalizados. Las aplicaciones de IA en este ámbito, como los chatbots, el análisis de sentimientos y los sistemas de recomendación, han optimizado significativamente la experiencia del usuario y los procesos de venta. Sin embargo, aún existen desafíos, como la escalabilidad, la escasez de datos y los sesgos éticos. 69°

Las grandes plataformas, como Amazon y Netflix, han demostrado el éxito de la integración de enfoques híbridos, ofreciendo importantes lecciones sobre adaptabilidad e innovación para futuras investigaciones en este campo.

**Referencias**

Alibaba Cloud. (s.f.). *How Alibaba uses AI*. <https://www.alibabacloud.com/>

Amazon Science. (s.f.). *Amazon’s recommendation algorithm*. <https://www.amazon.science/>

Amazon Web Services. (s.f.). *AWS Amazon Personalize*. <https://aws.amazon.com/personalize/>

Arévalo, J. (2020). *Desarrollo de un sistema de recomendación basado en filtrado colaborativo* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25026/1/UPS->

Barrios, J. (s.f.). *El filtrado colaborativo y los motores de recomendación*. <https://www.juanbarrios.com/el-filtrado-colaborativo-y-los-motores-de-recomendacion/>

Bawack, R. E., Gómez, L. M., & Pérez, A. (2022). Artificial intelligence in E-Commerce: A bibliometric study and literature review. *Electronic Markets*, 32(1), 99–114. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12525-022-00537-z>

García, J. L. (2019). *Sistema de recomendación de objetos de aprendizaje a través de filtrado colaborativo* [Tesis de grado, Universidad de La Rioja]. Repositorio Institucional Universidad de La Rioja. <https://documat.unirioja.es/descarga/articulo/6382579.pdf>

IBM. (s.f.). *¿Qué es el filtrado basado en contenido?*. <https://www.ibm.com/es-es/topics/content-based-filtering>

Jannach, D., Zanker, M., Felfernig, A., & Friedrich, G. (2018). Métricas de similaridad y evaluación para sistemas de recomendación de filtrado colaborativo. *Revista Iberoamericana de Tecnología e Innovación*, 3(2), 45–60. <https://riti.es/index.php/riti/article/view/109>

MFAIA. (s.f.). *Sistemas de recomendación: ¿qué son y cómo funcionan?*. <https://mfaia.dia.fi.upm.es/sistemas-de-recomendacion-personalizando-la-experiencia-del-usuario-en-la-era-digital/>

PeerDH. (s.f.). *Implementación de sistemas de recomendación híbridos que combinan filtrado colaborativo y métodos basados en contenido*. <https://peerdh.com/es/blogs/programming-insights/implementing-hybrid-recommendation-systems-combining-collaborative-filtering-and-content-based-methods-1>

PeerDH. (s.f.). *Sistemas de Recomendación Híbridos: Combinando Técnicas de Filtrado Colaborativo y Basado en Contenido*. <https://peerdh.com/es/blogs/programming-insights/hybrid-recommendation-systems-combining-collaborative-and-content-based-filtering-techniques>

Pajuelo Holguera, F. (2021). *Sistemas de recomendación basados en filtrado colaborativo: Aceleración mediante computación reconfigurable y aplicaciones predictivas sensoriales* [Tesis de grado, Universidad de Extremadura]. Repositorio Institucional Universidad de Extremadura. <https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/12476/1/TDUEX_2021_Pajuelo_Holguera.pdf>

Pajuelo Holguera, F. (2021). *Sistemas de recomendación basados en filtrado colaborativo* [Tesis de grado]. Universidad de Extremadura. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=291402>

Salesforce. (s.f.). *Cinco maneras de usar la IA en el comercio electrónico*. <https://www.salesforce.com/es/blog/ai-in-ecommerce/>

Soria Flores, E. R. (2023). *Inteligencia artificial como estrategia de innovación en empresas de servicios*. *Revista Publicando*, 5(2), 123–135. <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/2359>

Soria Flores, E. R. (2024). *Inteligencia artificial (IA) y experiencia del cliente desde el año 2016: Revisión de bibliografía*. <https://www.researchgate.net/publication/380563464_Inteligencia_artificial_IA_y_experiencia_del_cliente_desde_el_ano_2016_Revision_de_bibliografia/fulltext/66437b547091b94e93273908/Inteligencia-artificial-IA-y-experiencia-del-cliente-desde-el-ano-2016-Revision-de-bibliografia.pdf>

Spotify Engineering Blog. (s.f.). *Spotify’s recommendation system*. <https://engineering.atspotify.com/>

Wu, Y. (2019). *Towards reliability in collaborative filtering recommender systems* [Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Institucional UPM. <https://oa.upm.es/54719/>

COMUNICAWEB. (s.f.). *La Inteligencia Artificial en el eCommerce*. <https://comunica-web.com/blog/marketing-digital/ia-ecommerce-inteligencia-artificial/>

Netflix Tech Blog. (s.f.). *How Netflix uses AI*. <https://netflixtechblog.com/>